



**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**PERAMALAN PENJUALAN TENAGA LISTRIK  
PADA GOLONGAN INDUSTRI MENENGAH (I-3)  
DI PT.PLN (PERSERO) DISTRIBUSI  
JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE *ARIMA BOX-JENKINS***

Aliffia Rahma Anandayani  
NRP 10611500000062

Pembimbing  
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Program Studi Diploma III  
Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**PERAMALAN PENJUALAN TENAGA LISTRIK  
PADA GOLONGAN INDUSTRI MENENGAH (I-3)  
DI PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI  
JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE *ARIMA BOX-JENKINS***

Aliffia Rahma Anandyani  
NRP 10611500000062

Pembimbing  
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Program Studi Diploma III  
Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT - SS 145561**

**FORECASTING THE ELECTRICITY SALES  
FOR MIDDLE INDUSTRY (1-3) IN PT. PLN  
(PERSERO) DISTRIBUTION OF EAST JAVA  
BY USING *ARIMA BOX-JENKINS* METHODE**

Aliffia Rahma Anandayani  
NRP 10611500000062

Supervisor  
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Programme Study of Diploma III  
Departement Of Bussines Statistics  
Faculty Of Vocations  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

## LEMBAR PENGESAHAN

**PERAMALAN PENJUALAN TENAGA LISTRIK PADA  
GOLONGAN INDUSTRI MENENGAH (I-3) DI PT. PLN  
(PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *ARIMA BOX-JENKINS***

### TUGAS AKHIR

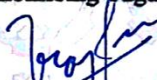
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada  
Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ALIFFIA RAHMA ANANDYANI**  
**NRP 10611500000062**

**SURABAYA, 08 JUNI 2018**

Menyetujui,  
Pembimbing Tugas Akhir



**Dr. Brodiol Sutijo Suprih Ulama, M.Si**  
**NIP. 19660125 1990021001**



Mengetahui,  
Kepala Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi ITS

**Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si**  
**NIP. 19743028 199802 1 001**



# **PERAMALAN PENJUALAN TENAGA LISTRIK PADA GOLONGAN INDUSTRI MENENGAH (I-3) DI PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR DENGAN MENGUNAKAN METODE *ARIMA BOX-JENKINS***

**Nama** : Aliffia Rahma Anandayani  
**NRP** : 10611500000062  
**Departemen** : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

## **Abstrak**

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang memiliki sejumlah industri yang tersebar di seluruh kabupaten/kota, dan beberapa di antaranya telah menembus ekspor. Dengan demikian, sektor industri menjadi penyumbang utama dari penjualan listrik di Jawa Timur dengan total sekitar 20.917 pelanggan, atau 0,20 persen dari total pelanggan yang mencapai 10,7 juta. Pada sektor industri penggunaan listrik dibedakan menjadi empat golongan yaitu industri kecil (I-1), industri sedang (I-2), industri menengah (I-3) dan industri besar (I-4). Penjualan yang tinggi mengindikasikan kebutuhan yang tinggi, oleh karena itu penelitian ini dibuat untuk mendapatkan model terbaik dalam meramalkan atau memperkirakan penjualan untuk tahun selanjutnya dengan menggunakan metode *ARIMA Box-Jenkins* pada golongan industri menengah (I-3) yang memiliki penjualan tenaga listrik tertinggi. Didapatkan model terbaik yaitu *ARIMA* (4,1,0) dengan hasil ramalan penjualan tahun 2018 yaitu mengalami peningkatan sebesar 392.487.729 KWh atau 2,031% dari satu tahun sebelumnya. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi kepada PT. PLN Distribusi Jawa Timur untuk mengoptimalkan pasokan listrik di Jawa Timur pada periode selanjutnya.

**Kata Kunci** : *Arima Box-Jenkins, I-3, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.*

**FORECASTING THE ELECTRICITY SALES  
FOR MIDDLE INDUSTRY (1-3)  
IN PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUTION  
OF EAST JAVA  
BY USING ARIMA BOX-JENKINS METHODE**

**Name : Aliffia Rahma Anandayani**  
**NRP : 10611500000062**  
**Department : Business Statistics Faculty of Vocations ITS**  
**Supervisor : Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si**

***Abstract***

*East Java is one of the provinces that has a number of industries spread across districts, and some of them have penetrated exports. Therefore, the industrial sector became the main contributor of electricity sales in East Java with a total of about 20,917 subscribers, or 0.20 percent of total customers reaching 10.7 million. In the industrial sector electricity usage is divided into four groups: small industry (I-1), medium industry (I-2), medium industry (I-3) and large industry (I-4). High sales indicate a high need, therefore this research is made to get the best model in forecasting or sales forecast for next year by using ARIMA Box-Jenkins method in medium industry (I-3) which has the highest sales. The best model is ARIMA (4,1,0) with sales forecast of 2018 that is increased by 392.487.729 KWh or 2.031% from one year earlier. From the results of the study is expected to provide information to PT. PLN Distribution East Java to optimize power supply in East Java in the next period.*

**Key Word :** Arima Box-Jenkins, I-3, PT. PLN Distribution of East Java.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“PERAMALAN PENJUALAN TENAGA LISTRIK PADA GOLONGAN INDUSTRI MENENGAH (I-3) DI PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ARIMA BOX-JENKINS”**. Penulis mengucapkan terimakasih kepada beberapa pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir yaitu sebagai berikut.

1. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir sekaligus Sekertaris Program Studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang tidak ada lelahnya dalam memberikan pengarahan dan pembimbingannya selama menyelesaikan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Dra. Destri Susilaningrum, M.Si., selaku penguji sekaligus dosen wali penulis dan Ibu Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes selaku penguji sekaligus validator dan yang telah memberikan kritik dan saran demi menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis dan Departemen Statistika yang telah memberikan ilmu maupun pengalaman selama penulis menjadi mahasiswa.

6. Bapak Machfud Suparta selaku manajer SDM dan Organisasi di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur yang telah menyetujui dan mengizinkan penulis melakukan penelitian Tugas Akhir
7. Ibu Ratna Widya Fitriani selaku Asisten Analis Pendidikan dan Pelatihan di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur yang telah memberikan kesempatan penulis melakukan penelitian Tugas Akhir
8. Bapak Alexandra Z.A selaku Supervisor Transaksi Energi Bidang Niaga di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur serta selaku pembimbing lapangan yang senantiasa memberikan arahan dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Orang tua tercinta, Bapak Drs. Agus Ibnu Cholik dan Ibu Juli Andrijani, S.Pd serta Utu Sediati S.Pd yang senantiasa menghibur, menyemangati dan mendukung selama masa serta berdo'a untuk kelancaran perkuliahan penulis.
10. Mbak Devi dan Mbak Razty, selaku peneliti sebelumnya yang selalu memberikan arahan dan motivasi untuk penulis.
11. Resty, Rafika, Irma, Farros, Dewi, Aufia, Septia, Jesica, Erla, Nastiti, Dini, Mbak Evi, Zila, Faizah, Hartarto, Ria, Mbak Dea, Fauzi dan Billal yang senantiasa memberikan semangat dan do'a selama proses penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini serta atas kebersamaan dan pengalaman yang dilalui selama penulis menjadi mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak luput dari kekurangan, maka kritik dan saran sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 08 Juni 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>Time Series</i> .....	5
2.1.1 Stationeritas Data .....	5
2.1.2 <i>Autocorrealation Function (ACF)</i> .....	7
2.1.2 <i>Partial Autocorrealation Function (PACF)</i> .....	7
2.2 Identifikasi Model <i>ARIMA</i> .....	8
2.3 <i>ARIMA Box-Jenkins</i> .....	9
2.4 Estimasi Parameter Model .....	11
2.5 Uji Signifikansi Parameter .....	12
2.6 Cek Diagnosa.....	14
2.6.1 Pemeriksaan Asumsi Residual <i>White Noise</i> .....	14
2.6.2 Pemeriksaan Asumsi Residual Berdistribusi Normal.....	15

2.7	Pemilihan Model Terbaik.....	15
2.8	Penelitian Sebelumnya.....	16
2.9	Kelistrikan .....	17
2.10	Satuan Listrik KWh .....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Sumber Data dan Variabel Penelitian .....	19
3.2	Metode dan Langkah Analisis.....	20
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Karakteristik Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) Tahun 2012-2017 .....	25
4.2	Peramalan Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) dengan Menggunakan <i>ARIMA</i> .....	27
4.2.1	Identifikasi <i>Time Series Plot</i> .....	28
4.2.2	Identifikasi Stasioneritas Data .....	29
4.2.3	Identifikasi Model <i>ARIMA</i> .....	31
4.2.4	Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter.....	32
4.2.5	Pengujian Asumsi Residual.....	34
4.2.6	Pemilihan Model Terbaik.....	36
4.2.7	Peramalan Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Golongan Industri Menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2018.....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		47
<b>LAMPIRAN .....</b>		49
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		75

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b>	Struktur ACF dan PACF pada model <i>ARIMA</i> ..... 8
<b>Tabel 3.1</b>	Struktur Data ..... 19
<b>Tabel 4.1</b>	Karakteristik Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) Selama Tahun 2012-2017 ..... 25
<b>Tabel 4.2</b>	Uji Signifikansi Parameter Model Dugaan ..... 33
<b>Tabel 4.3</b>	Pengujian Asumsi Residual Model Dugaan <i>White Noise</i> ..... 35
<b>Tabel 4.4</b>	Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi Normal ..... 36
<b>Tabel 4.5</b>	Kriteria Pemilihan Model Terbaik ..... 37
<b>Tabel 4.6</b>	Estimasi Parameter Model <i>ARIMA</i> (4,1,0) pada Data Penjualan Tenaga Listrik (Kwh) Golongan Industri Menengah (I-3) Bulan Januari 2012-Desember 2017 ..... 38
<b>Tabel 4.7</b>	Hasil Ramalan Penjualan KWh Golongan Industri Menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2018..... 40
<b>Tabel 4.8</b>	Perbandingan Hasil dengan Nilai Aktual Penjualan Tahun 2017 dengan Ramalan Penjualan Tahun 2018 ..... 42

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	22
<b>Gambar 4.1</b> <i>Boxplot</i> Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3).....	26
<b>Gambar 4.2</b> <i>Time Series Plot</i> Data <i>In-Sample</i> Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Pada Golongan Industri Menengah (I-3).....	28
<b>Gambar 4.3</b> <i>Box-Cox</i> Data <i>In-Sample</i> Penjualan KWh Pada Golongan Industri Menengah (I-3).....	29
<b>Gambar 4.4</b> <i>Time Series Plot</i> Data <i>In-Sample</i> Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) Setelah Differencing.....	30
<b>Gambar 4.5</b> ACF Data <i>In-Sample</i> Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Pada Golongan Industri Menengah (I-3) Setelah di <i>Differencing</i> .....	31
<b>Gambar 4.6</b> PACF Data <i>In-Sample</i> Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Pada Golongan Industri Menengah (I-3) Setelah di Differencing .....	31
<b>Gambar 4.7</b> Perbandingan Nilai Ramalan dengan Data Aktual .....	39
<b>Gambar 4.8</b> Nilai Ramalan Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Golongan Industri Menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2018.....	41
<b>Gambar 4.9</b> Plot Hasil dengan Nilai Aktual Penjualan Tahun 2017 dengan Ramalan Penjualan Tahun 2018.....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Surat Ijin Pengambilan Data.....	49
<b>Lampiran 2.</b> Surat Pernyataan Kevalidan Data .....	50
<b>Lampiran 3.</b> Data Penjualan Tenaga Listrik Golongan Industri Menengah (I-3).....	51
<b>Lampiran 4.</b> <i>Output</i> Minitab Statistika Deskriptif .....	51
<b>Lampiran 5.</b> <i>Output</i> Minitab <i>Autocorrelation Function</i> setelah <i>Differencing</i> .....	52
<b>Lampiran 6.</b> <i>Output</i> Minitab <i>Partial Autocorrelation</i> <i>Function</i> setelah <i>Differencing</i> .....	52
<b>Lampiran 7.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (1,1,0) .....	53
<b>Lampiran 8.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (0,1,1) .....	54
<b>Lampiran 9.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (0,1,2) .....	55
<b>Lampiran 10.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (1,1,1) .....	56
<b>Lampiran 11.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (1,1,2) .....	57
<b>Lampiran 12.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (4,1,0) .....	58
<b>Lampiran 13.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (4,1,1) .....	59
<b>Lampiran 14.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (4,1,2) .....	60
<b>Lampiran 15.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (5,1,0) .....	61
<b>Lampiran 16.</b> <i>Output</i> Minitab Model <i>ARIMA</i> (5,1,2) .....	62
<b>Lampiran 17.</b> Perhitungan Manual $KS_{hitung}$ pada Model <i>ARIMA</i> (4,1,0).....	64
<b>Lampiran 18.</b> Perhitungan Manual $KS_{hitung}$ pada Model <i>ARIMA</i> (5,1,0).....	68
<b>Lampiran 19.</b> Perhitungan Manual RMSE dan MAPE pada Model <i>ARIMA</i> (4,1,0).....	72
<b>Lampiran 20.</b> Perhitungan Manual RMSE dan MAPE pada Model <i>ARIMA</i> (5,1,0).....	73
<b>Lampiran 21.</b> <i>Output</i> Minitab Estimasi Parameter Model <i>ARIMA</i> (4,1,0) pada Data Penjualan Tenaga Listrik (Kwh) Golongan Industri Menengah (I-3) Bulan Januari 2012- Desember 2017 .....	74

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tenaga listrik sangat penting peranannya dalam kehidupan manusia khususnya sebagai energi yang digunakan untuk penerangan pada malam hari dan digunakan untuk menjalankan atau mengoperasikan alat elektronik yang tidak pernah lepas dari kehidupan manusia. Penggunaan listrik dari waktu ke waktu mengalami peningkatan setiap tahunnya seiring dengan kemajuan yang telah dicapai dalam pembangunan di berbagai sektor, industri merupakan salah satu sektor yang paling memberikan kontribusi besar bagi peningkatan pertumbuhan ekonomi pada kuartal pertama tahun 2017 yang mencapai 5,01 % atau di atas pertumbuhan ekonomi pada periode yang sama tahun lalu sebesar 4,92%.

Menteri Perindustrian menyebutkan kontribusi industri di Jawa Timur tertinggi secara nasional yaitu mencapai 28,8 persen dengan industri utama yaitu pengolahan bahan baku (Surabaya Tribunnews, 2017). Selain itu, dalam rencana induk pembangunan industri nasional 2015-2035 telah menetapkan, Tuban, Lamongan, Gresik, Surabaya, Sidoarjo, Mojokerto dan Bangkalan sebagai wilayah pusat pertumbuhan industri di Provinsi Jawa Timur (Kominfo Jatim, 2017). Berkembangnya sektor industri di Jawa Timur memberikan sumbangan besar terhadap keberhasilan pembangunan ekonomi, terutama dapat meningkatkan devisa, ekspor dan penyerapan tenaga kerja dalam jumlah yang signifikan. Oleh karena itu, Jawa Timur dituntut ekspansif dalam pengembangan kawasan industri untuk terus diarahkan ke lokasi-lokasi alternatif yang belum memiliki kawasan industri akan tetapi memiliki gerakan industrialisasi yang tinggi sehingga banyak investor yang terjun di bidang industri.

Semakin banyak industri yang beroperasi maka semakin banyak tenaga listrik yang dibutuhkan, oleh karena itu penjualan



tenaga listrik di sektor industri terus mengalami peningkatan, khususnya di Jawa Timur yang merupakan daerah dengan perkembangan industri yang pesat. Sehingga sektor industri menjadi penyumbang utama dari penjualan tenaga listrik di Jawa Timur, dengan total sekitar 20.917 pelanggan dengan kontribusi terhadap penjualan sekitar 80%, penjualan listrik terbesar adalah di wilayah Surabaya Barat, Pasuruan, Mojokerto, Bojonegoro dan Sidoarjo yang merupakan kawasan Industri (Solopos, 2017).

Berdasarkan data yang diperoleh di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur pada tahun 2012-2017 menunjukkan bahwa penjualan tenaga listrik pada golongan industri skala menengah (I-3) dengan daya diatas 200 KVa memiliki rata-rata penjualan tertinggi dibandingkan golongan lainnya, bahkan jika dibandingkan dengan penjualan tenaga listrik pada golongan industri skala besar (I-4) yang memiliki daya yang lebih tinggi yaitu 30.000 KVa. Hal ini mengindikasikan bahwa kebutuhan tenaga listrik yang digunakan oleh industri menengah (I-3) daya diatas 200 KVa sangat tinggi, sehingga PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur harus memiliki pasokan tenaga yang cukup khususnya untuk memasok kebutuhan industri menengah (I-3).

Sifat tenaga listrik tidak dapat disimpan, sehingga kebutuhan suatu saat harus dipasok saat itu juga. Disamping itu, kebutuhan akan tenaga listrik sifatnya probablistik atau tidak menentu sehingga diperlukan strategi prakiraan penyediaan daya yang terdistribusi sesuai dengan dinamika kebutuhan. Selain faktor teknis, faktor ekonomi juga merupakan faktor terpenting yang perlu diperhitungkan. Prakiraan yang tidak tepat akan menyebabkan tidak cukupnya kapasitas daya yang disalurkan untuk memenuhi kebutuhan beban, sebaliknya jika prakiraan beban yang terlalu besar maka akan menyebabkan kelebihan kapasitas daya sehingga menyebabkan kerugian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan cara yang tepat dalam menyesuaikan kebutuhan listrik dengan jumlah kapasitas listrik. Salah satu cara yang dapat digunakan dan diimplementasikan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah

memprediksi tenaga listrik yang dibutuhkan pelanggan pada periode yang akan datang. Dengan adanya prediksi tenaga listrik pada jangka waktu ke depan dapat menyeimbangkan antara kebutuhan konsumen dengan kapasitas listrik yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan peramalan tenaga listrik berdasarkan tenaga listrik (KWh) per bulan yang terjual untuk memprediksi kebutuhan listrik pada periode selanjutnya. Peramalan tenaga listrik terjual dilakukan pada sektor industri menengah (I-3) yang memiliki penjualan tenaga listrik paling tinggi dibandingkan industri kecil (I-1), industri sedang (I-2), dan industri besar (I-4).

Adapun penelitian sebelumnya terkait permasalahan mengenai listrik dilakukan oleh Saputri (2016), hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah penjualan tenaga listrik yang paling tinggi diprediksi terjadi pada bulan Mei 2016, sedangkan yang paling rendah terjadi pada September 2016. Penjualan tenaga listrik pada tahun 2016 mengalami kenaikan sebesar 1,96% dari tahun sebelumnya. Selain itu terdapat penelitian lain yaitu milik Isnarwaty (2017) diperoleh kesimpulan yaitu model terbaik dari konsumsi listrik berdasarkan pemakaian KWh untuk kategori I-4 adalah model ARIMA  $([1,8],1,0)$ . Berdasarkan hasil peramalan dengan model terbaik, konsumsi listrik berdasarkan pemakaian KWh untuk kategori I-4 diperkirakan mengalami fluktuasi yang rendah. Nilai ramalan total konsumsi listrik berdasarkan pemakaian KWh untuk kategori industri I-4 pada tahun 2017 mengalami peningkatan sebesar 105,899,864 atau sebesar 3,19% dari satu tahun sebelumnya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Jawa Timur dituntut ekspansif dalam pengembangan kawasan industri untuk terus diarahkan ke lokasi-lokasi alternatif yang belum memiliki kawasan industri. Semakin banyak industri yang beroperasi maka semakin banyak tenaga listrik yang dibutuhkan sehingga penjualan listrik di sektor industri terus mengalami peningkatan, golongan industri skala menengah (I-3) memiliki rata-rata penjualan listrik tertinggi dibandingkan

golongan lainnya. Oleh karena itu dibutuhkan prediksi listrik yang dibutuhkan untuk pada periode ke depan untuk memenuhi pasokan listrik industri menengah yang dimiliki PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur dengan menggunakan metode *ARIMA Box-Jenkins*. Sehingga diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana karakteristik dan hasil peramalan penjualan tenaga listrik (KWh) untuk golongan industri (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur pada periode selanjutnya.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diharapkan setelah dilakukan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik dan mendapatkan hasil peramalan penjualan tenaga listrik (KWh) untuk golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur untuk periode selanjutnya.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penjualan bulanan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur mulai bulan Januari 2012- Desember 2017.

### **1.5 Manfaat**

Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi bagi PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur untuk memperkirakan pasokan listrik sesuai dengan hasil ramalan penjualan yang diperoleh pada golongan industri menengah yaitu I-3 untuk periode selanjutnya. Manfaat bagi peneliti adalah dapat menerapkan metode peramalan dalam kasus riil yaitu menentukan model terbaik dari peramalan penjualan listrik berdasarkan penjualan bulanan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur mulai bulan Januari 2012- Desember 2017.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *Time Series***

*Time Series* atau deret waktu adalah serangkaian pengamatan yang diambil berdasarkan urutan waktu dan antar pengamatan saling berkorelasi sehingga dikatakan bahwa tiap pengamatan yang diambil berkorelasi dengan variabel itu sendiri pada waktu sebelumnya (Wei, 2006). Seiring terdapat senjang waktu antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu sendiri. Adanya waktu tenggang merupakan alasan utama bagi perencanaan dan peramalan. Jika waktu tenggang ini nol atau sangat kecil, maka perencanaan tidak diperlukan. Namun jika waktu tenggang ini panjang dan hasil peristiwa akhir bergantung pada faktor-faktor yang dapat diketahui, maka perencanaan dapat memegang peranan penting. Dalam situasi seperti itu peramalan diperlukan untuk menentukan kapan suatu peristiwa akan terjadi atau timbul, sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan. Langkah penting dalam memilih metode *time series* yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data. Pola data dapat dibedakan menjadi empat yaitu:

1. Pola horizontal ketika nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan
2. Pola musiman bila deret dipengaruhi oleh faktor musiman
3. Pola siklis jika terjadi jika data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang
4. Pola trend terjadi jika terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang pada data.

(Makridakis, 1999).

##### **2.1.1 Stationeritas Data**

Data *time series* dikatakan stationer jika dalam rata-rata dan variansinya berfluktuasi secara konstan dari waktu ke waktu. Dengan kata lain data *time series* yang stationer adalah relatif tidak terjadi kenaikan maupun penurunan nilai secara tajam pada

data (berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan). Kondisi stationer dalam *time series* terdiri dari dua hal yaitu stationer dalam rata-rata dan stationer dalam *varians*. Untuk memeriksa kestasioneran ini dapat menggunakan plot *Box-Cox*, *time series plot* dan pola *ACF*.

#### A. Stationer dalam *Varians*

Dikatakan stationer dalam *varians* apabila nilai *Rounded Value dari*  $\lambda$  yang dihasilkan sama dengan atau lebih dari 1. Jika belum stationer dalam *varians*, maka terlebih dahulu harus distasionerkan dengan menggunakan transformasi *Box-Cox* (Wei, 2006). Rumus transformasi yang dapat digunakan sebagaimana pada persamaan (2.1) dan (2.2).

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \text{ untuk } \lambda \neq 0 \quad (2.1)$$

$$T(Z_t) = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \text{ untuk } \lambda = 0 \quad (2.2)$$

$T(Z_t)$  adalah serangkaian data yang mengalami tranformasi. Dengan  $\lambda$  merupakan parameter transformasi. Nilai  $\lambda$  yang dipilih adalah dengan nilai yang meminimumkan jumlah kuadrat residual sehingga memiliki *varians* yang minimum. Berikut adalah tansformasi *Box-Cox* yang biasa dilakukan :

**Tabel 2.1** Transformasi *Box-Cox*

Estimasi $\hat{\lambda}$	Transformasi
-1	$1/Z_t$
-0,5	$1/\sqrt{Z_t}$
0	$\ln(Z_t)$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1	$Z_t$

## B. Stationer dalam rata-rata (*mean*)

Jika pada data terjadi fluktuasi disekitar garis yang sejajar sumbu pada waktu ke- $t$ , maka dapat dikatakan data stationer dalam rata-rata (Gujarati, 2012). Jika kondisi stationer dalam rata-rata belum terpenuhi maka melakukan *differencing* dengan persamaan (2.3) berikut :

$$W_t = Z_t - Z_{t-1} \quad (2.3)$$

keterangan :

$W_t$ : data hasil proses *differencing*

$Z_t$ : data pada waktu ke- $t$

$Z_{t-1}$ : data pada waktu  $t-1$

### 2.1.2 Autocorrelation Function (ACF)

ACF merupakan fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi antara pengamatan pada waktu ke- $t$  (yang dinotasikan dengan  $Z_t$ ) dengan pengamatan pada waktu yang sebelumnya (yang dinotasikan dengan  $Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-2}$ ,  $Z_{t-k}$ ). ACF dapat digunakan untuk mengidentifikasi kestasioneran dari data *time series* dan juga untuk mengidentifikasi model *time series* yang akan digunakan. Fungsi autokorelasi dari data pada *lag*- $k$  sebagaimana pada persamaan (2.4) (Wei, 2006).

$$\hat{\rho}_k = \frac{\hat{\gamma}_k}{\hat{\gamma}_0} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2} \quad (2.4)$$

dengan  $k = 0, 1, 2, \dots, n$ , dimana  $\bar{Z} = \sum_{t=1}^n (Z_t / n)$

### 2.1.3 Partial Autocorrelation Function (PACF)

PACF (*Partial Autocorrelation Function*) merupakan fungsi yang menunjukkan besarnya keeratan hubungan parsial antara pengamatan pada waktu ke- $t$  (yang dinotasikan dengan  $Z_t$ ) dengan pengamatan pada waktu yang sebelumnya (yang dinotasikan dengan  $Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-2}$ ,  $Z_{t-k+1}$ ) dengan pengaruh dari

$Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-2}$ ,  $Z_{t-k+1}$  telah dihilangkan atau dapat ditulis secara sistematis yaitu

$$\hat{\phi}_{k+1,k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_{k+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_j} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$$\hat{\phi}_{k+1,j} = \hat{\phi}_{k,j} - \hat{\phi}_{k+1,k+1} \hat{\phi}_{k,k+1-j} \text{ untuk } j=1,2,\dots,k$$

$\hat{\rho}_{k+1}$  = fungsi autokorelasi dari sampel setelah lag ke- $k$

$\hat{\rho}_j$  = fungsi autokorelasi dari sampel setelah lag ke- $j$

(Wei, 2006).

## 2.2 Identifikasi Model ARIMA

Pendugaan model *ARIMA* dapat dilakukan setelah data stationer dengan melihat pola ACF ataupun PACF (Wei, 2006). Pendugaan model dilakukan dengan memperhatikan hal-hal seperti pada tabel berikut:

**Tabel 2.2** Struktur ACF dan PACF pada model *ARIMA*

Model	ACF	PACF
$AR(p)$	Turun cepat secara Eksponensial atau gelombang sinus teredam	Terpotong setelah lag- $p$
$MA(q)$	Terpotong setelah lag- $q$	Turun cepat secara Eksponensial atau gelombang sinus teredam
$ARMA(p,q)$	Turun cepat setelah lag (p-q)	Turun cepat setelah lag (p-q)

### 2.3 *ARIMA Box-Jenkins*

*Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* adalah suatu metode peramalan diperoleh melalui gabungan antara *Autoregressive (AR)* dan *Moving Average (MA)*. *ARIMA* dikembangkan oleh George Box dan Gwilyn Jenkins pada tahun 1976, sehingga proses *ARIMA* sering disebut dengan nama *ARIMA Box-Jenkins*. Model *ARIMA* mengabaikan variabel prediktor dalam membuat peramalannya. *ARIMA* menggunakan data masa lalu dan sekarang untuk menghasilkan ramalan jangka pendek yang akurat. Oleh karena itu, model ini sangat baik ketepatan akurasi jika digunakan untuk peramalan jangka pendek, sedangkan jika digunakan untuk peramalan jangka panjang kurang akurat (Makridakis, 1999). Secara umum ada beberapa model *time series* yaitu model *Autoregressive (AR)*, model *Moving Average (MA)*, model *ARMA*, model *ARIMA* dan model *ARIMA* musiman.

#### a. **Model Autoregressive (AR)**

Model *autoregressive* menunjukkan adanya hubungan antara suatu nilai pada waktu sekarang ( $Z_t$ ) dengan nilai pada waktu sebelumnya ( $Z_{t-k}$ ) ditambah dengan suatu nilai acak ( $A_t$ ) (Wei, 2006). Bentuk fungsi persamaan untuk model AR pada orde  $p$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \dot{Z}_t &= \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \phi_2 \dot{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t \\
 \dot{Z}_t - \phi_1 \dot{Z}_{t-1} - \phi_2 \dot{Z}_{t-2} - \dots - \phi_p \dot{Z}_{t-p} &= a_t \\
 \dot{Z}_t - \phi_1 B \dot{Z}_t - \phi_2 B^2 \dot{Z}_t - \dots - \phi_p B^p \dot{Z}_t &= a_t \quad (2.6) \\
 (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \dot{Z}_t &= a_t \\
 \phi_p(B) \dot{Z}_t &= a_t
 \end{aligned}$$



dimana,  $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$  dan  $\dot{Z}_t = Z_t - \mu$  serta

$$B\dot{Z}_t = \dot{Z}_{t-1}$$

Keterangan :

$\phi_p(B)$  : polinomial *autoregressive* orde  $p$

$B$  : operator *backward*

$a_t$  : residual

**b. Model Moving Average (MA)**

Model *moving average* (MA) menunjukkan adanya hubungan antara nilai pada waktu sekarang ( $Z_t$ ) dengan nilai residual pada waktu sebelumnya ( $a_{t-k}$ ), persamaan (2.7) merupakan bentuk matematis model *Moving Average* orde  $q$  yang dapat ditulis MA ( $q$ ) (Wei, 2006).

$$\begin{aligned}\dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \\ \dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 B a_t - \theta_2 B^2 a_t - \dots - \theta_q B^q a_t\end{aligned}\quad (2.7)$$

$$\dot{Z}_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t$$

atau

$$\dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t \quad (2.8)$$

dimana  $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$

keterangan :

$\theta_q$  : parameter *moving average* ke- $q$

$B$  : operator *backward*

$a_t$  : residual

**c. Model Autoregressive Moving Average (ARMA)**

Model umum *ARMA* ( $p, q$ ) merupakan gabungan dari pola model AR dan pola model MA. Model umum untuk campuran dari model AR( $p$ ) dan model MA( $q$ ) yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut (Wei, 2006).

$$\begin{aligned}
\dot{Z}_t - \phi_1 \dot{Z}_{t-1} - \phi_2 \dot{Z}_{t-2} - \dots - \phi_p \dot{Z}_{t-p} &= a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_p a_{t-p} \\
\dot{Z}_t - \phi_1 B \dot{Z}_t - \phi_2 B^2 \dot{Z}_t - \dots - \phi_p B^p \dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 B a_t - \theta_2 B^2 a_t - \dots - \theta_q B^q a_t \quad (2.9) \\
(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \dot{Z}_t &= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \\
\phi_p(B) \dot{Z}_t &= \theta_q(B) a_t
\end{aligned}$$

**d. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)**

Model *ARIMA* merupakan model timeseries yang tidak stationer terhadap mean dan memerlukan proses *differencing* sebanyak  $d$  agar stationer. Bentuk umum model *ARIMA* pada orde ke- $p, q$  dengan differencing sebanyak  $d$  adalah sebagai berikut (Wei, 2006).

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \quad (2.10)$$

**e. Model ARIMA Musiman**

Model *ARIMA* musiman merupakan model dari data yang membentuk pola musiman. Bentuknya sebagai berikut:

$$\Phi_P(B^S)(1-B^S)^D Z_t = \Theta_Q(B^S)a_t \quad (2.11)$$

Model ini dinotasikan *ARIMA* (P,D,Q)<sup>s</sup> yang mempunyai faktor musiman dengan periode musim adalah  $s$  dan  $P$  merupakan orde pada model *Autoregressive* yang mempunyai faktor musiman,  $Q$  merupakan orde pada model *Moving Average* yang mempunyai faktor musiman, dan  $D$  merupakan lag untuk *differencing* yang mempunyai faktor musiman (Wei, 2006).

## 2.4 Estimasi Parameter Model

Salah satu metode penaksiran parameter yang dapat digunakan adalah *conditional least square* (CLS). Metode CLS merupakan suatu metode yang dilakukan dengan mencari nilai parameter yang meminimumkan jumlah kuadrat *error* (SSE).

Misalkan pada model AR(1) dinyatakan sebagai berikut (Cryer& Chan, 2012).

$$Z_t - \mu = \phi(Z_{t-1} - \mu) + a_t \quad (2.12)$$

dan nilai SSE adalah sebagai berikut :

$$S(\phi, \mu) = \sum_{i=2}^n a_i^2 = \sum_{i=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)]^2 \quad (2.13)$$

Untuk mendapatkan nilai estimasi parameter  $\mu$  dan  $\phi$  dan disamakan dengan nol sehingga diperoleh nilai taksiran parameter parameter untuk  $\mu$  sebagai berikut (Cryer& Chan, 2008).

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=2}^n Z_t - \phi \sum_{i=2}^n Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)} \quad (2.14)$$

dan nilai taksiran parameter  $\phi$  didapatkan sebagai berikut:

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{i=2}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-1} - \bar{Z})}{\sum_{i=2}^n (Z_{t-1} - \bar{Z})^2} \quad (2.15)$$

## 2.5 Uji Signifikansi Parameter

Pengujian signifikansi parameter model *ARIMA* dilakukan untuk mengetahui parameter model signifikan atau tidak. Selain itu pengujian ini juga digunakan untuk menguji apakah suatu paramter model *ARIMA* layak masuk ke alam suatu model atau tidak. Uji signifikansi parameter model dari parameter *Autoregressive (AR)* dengan hipotesis sebagai berikut :

$H_0: \phi_i = 0$  (parameter tidak signifikan dalam model)

$H_1: \phi_i \neq 0$  (parameter signifikan dalam model) ;  $i=1,2,...,p$

Statistik Uji :

$$t = \frac{\hat{\phi}_i}{se(\hat{\phi}_i)} \quad (2.16)$$

dimana :

$$(SE(\hat{\theta})) = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_a^2}{n-1}}; \quad \hat{\sigma}_a^2 = \sum_{t=2}^n (\hat{Z}_t - \phi Z_{t-1})^2 \quad (2.17)$$

keterangan :

$\hat{\phi}_i$  : estimasi parameter *AR* ke-*i*

$\hat{Z}_t$  : nilai ramalan pada waktu ke-*t*

$Z_t$  : nilai aktual pada waktu ke-*t*

Daerah penolakan :  $H_0$  ditolak jika  $|t| > t_{\alpha/2; n-p}$  dimana *n* adalah banyaknya observasi dan *p* adalah parameter *AR* yang ditaksir dalam model

Uji signifikansi parameter *Moving Average (MA)* dengan hipotesis sebagai berikut :

Hipotesis: ‘

$H_0: \theta_j = 0$  (parameter tidak signifikan dalam model)

$H_1: \theta_j \neq 0$  (parameter signifikan dalam model);  $j=1,2,\dots,q$

Statistik uji :

$$t = \frac{\hat{\theta}_j}{se(\hat{\theta}_j)} \quad (2.18)$$

dimana

$$(SE(\hat{\theta})) = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_a^2}{n-1}}; \quad \hat{\sigma}_a^2 = \sum_{t=2}^n (\hat{Z}_t - \hat{\theta} Z_{t-1})^2 \quad (2.19)$$

keterangan :

$\hat{\theta}_j$  : estimasi parameter *MA* ke-*j*

$\hat{Z}_t$  : nilai ramalan pada waktu ke-*t*

$Z_t$  : nilai aktual pada waktu ke-*t*

Daerah penolakan :  $H_0$  ditolak jika  $|t| > t_{\alpha/2; n-q}$  dimana *n* adalah banyaknya observasi dan *q* adalah parameter *MA* yang ditaksir dalam model

## 2.6 Cek Diagnosa

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan dan pengujian tentang asumsi residual untuk model *ARIMA*. Pengujian ini meliputi asumsi residual *white noise* dan uji kenormalan residual.

### 2.6.1 Pemeriksaan Asumsi Residual *White Noise*

Pengujian *white noise* dilakukan untuk mengetahui apakah varian bernilai konstan atau tidak. Untuk menguji apakah residual memenuhi asumsi *white noise* dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0$  (residual tidak saling berkorelasi)

$H_1$ : minimal ada satu  $\rho_k \neq 0$  (residual saling berkorelasi)

Statistik Uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k} \quad (2.20)$$

Daerah Kritis:  $H_0$  ditolak jika nilai dari  $Q > \chi_{(a; k-p-q)}^2$

Keterangan :

*n* : jumlah observasi dari data *time series*

*k* : jumlah maksimum lag *k*

$\hat{\rho}_k$  : autokorelasi maksimum lag

### 2.6.2 Pemeriksaan Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Asumsi lain yang harus dipenuhi adalah residual berdistribusi normal. Salah satu uji yang digunakan adalah *Kolmogorov Smirnov* sebagai berikut (Daniel, 1989). Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$H_0 : F(a_t) = F_0(a_t)$$

$$H_1 : F(a_t) \neq F_0(a_t)$$

Statistik Uji :

$$KS_{hitung} = \sup_{a_t} |F(a_t) - F_0(a_t)| \quad (2.21)$$

Sup merupakan nilai supremum (maksimum) semua  $a_t$  dari  $|F(a_t) - F_0(a_t)|$

Keterangan :

$a_t$  : residual pada saat ke- $t$ ;  $a_t = Z_t - \hat{Z}_t$

$F_0(a_t)$  : nilai peluang kumulatif dari distribusi normal

$F(a_t)$  : nilai peluang kumulatif dari distribusi empiris

Daerah penolakan:  $H_0$  ditolak, jika nilai dari  $KS > KS_{n, 1-\alpha/2}$

### 2.7 Pemilihan Model Terbaik

Pada analisis *time series*, terdapat kemungkinan bahwa terdapat lebih dari satu model yang parameternya signifikan dan memenuhi asumsi residual *white noise* dan berdistribusi normal, sehingga diperlukan suatu kriteria tertentu untuk dapat menentukan model yang akan digunakan. Pemilihan model terbaik untuk meramalkan nilai di masa yang akan datang dilakukan dengan membandingkan nilai kesalahan peramalan dari masing-masing model dugaan. Pemilihan model terbaik melalui pendekatan *out-sample* dengan menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). RMSE merupakan kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan pada hasil sisa ramalannya digunakan untuk data *out sample* dengan rumus sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2} \quad (2.22)$$

Keterangan :

$\hat{Z}_t$  : nilai ramalan pada waktu ke- $t$

$Z_t$  : nilai aktual pada waktu ke- $t$

$n$  : jumlah observasi

Sedangkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk mengetahui rata-rata harga mutlak dari persentase kesalahan tiap model Rumus MAPE dapat dituliskan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t} \times 100\% \quad (2.23)$$

(Gooijer dan Hyndman, 2006).

## 2.8 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Saputri (2016), hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah penjualan tenaga listrik yang paling tinggi diprediksi terjadi pada bulan Mei 2016, sedangkan yang paling rendah terjadi pada September 2016. Penjualan tenaga listrik pada tahun 2016 mengalami kenaikan sebesar 1,96% dari tahun sebelumnya. Selain itu terdapat penelitian lain yaitu milik Isnarwaty (2017) diperoleh kesimpulan yaitu model terbaik dari konsumsi listrik berdasarkan pemakaian KWh untuk kategori I-4 adalah model *ARIMA* ([1,8],1,0). Berdasarkan hasil peramalan dengan model terbaik, konsumsi listrik berdasarkan pemakaian KWh untuk kategori I-4 diperkirakan mengalami fluktuasi yang rendah. Nilai ramalan total konsumsi listrik berdasarkan pemakaian KWh untuk kategori industri I-4 pada tahun 2017 mengalami peningkatan sebesar 105,899,864 atau sebesar 3,19% dari satu tahun sebelumnya.

## 2.9 Kelistrikan

Listrik adalah aliran tenaga atau daya listrik. Listrik merupakan bagian mendasar dari alam semesta dan salah satu bentuk energi yang paling digunakan. Listrik sebenarnya merupakan sumber energi sekunder, yang disebut sebagai pembawa energi. (Menurut Permen ESDM, 2016) Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan industri, terdiri atas :

1. Golongan tarif untuk keperluan industri kecil/industri rumah tangga pada tegangan rendah, dengan daya 450 VA sampai dengan 14 kVA (I-1/TR)
2. Golongan tarif untuk keperluan industri sedang pada tegangan rendah, dengan daya di atas 14 kVA sampai dengan 200 kVA (1-2/TR)
3. Golongan tarif untuk keperluan industri menengah pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 KVa (**1-3/TM**)
4. Golongan tarif untuk keperluan industri besar pada tegangan tinggi, dengan daya 30.000 kVA ke atas (I-4/TT)

## 2.10 Satuan Listrik KWh

KWh adalah singkatan dari Kilo Watt hour, yang menyatakan seberapa besar daya listrik yang terpakai dalam satu jam, dengan besaran daya listriknya adalah Kilo watt. 1 KWH adalah pemakaian Alat listrik dengan daya sebesar 1000 Watt (1 KW) dalam satu jam (Reading & Learning, 2017).



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Sumber data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) dari bulan Januari 2012 sampai dengan Desember 2017. Banyaknya data yang akan digunakan adalah 72 data. Data yang akan digunakan sebagai *in sample* adalah data periode Januari 2012–Desember 2016, sedangkan data yang akan digunakan sebagai *out sample* adalah data periode Januari 2017 – Desember 2017. Data ada pada Lampiran 3, untuk surat ijin pengambilan dan surat pernyataan kevalidan data ada pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Periode yang akan diramalkan yaitu mulai bulan Januari 2018 – Desember 2018. Berikut adalah struktur data yang digunakan pada penelitian ini :

**Tabel 3.1** Struktur Data

Pembagian Kelompok Data	Tahun	Bulan	Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Industri Menengah (I-3)
<i>In Sample</i>	2012	Januari	$Z_{1,1}$
		:	:
		Desember	$Z_{1,12}$
	:	Januari	:
		:	:
		Desember	:
	2016	Januari	$Z_{1,49}$
		:	:
		Desember	$Z_{1,70}$
<i>Out Sample</i>	2017	Januari	$Z_{1,61}$
		:	:
		Desember	$Z_{1,72}$

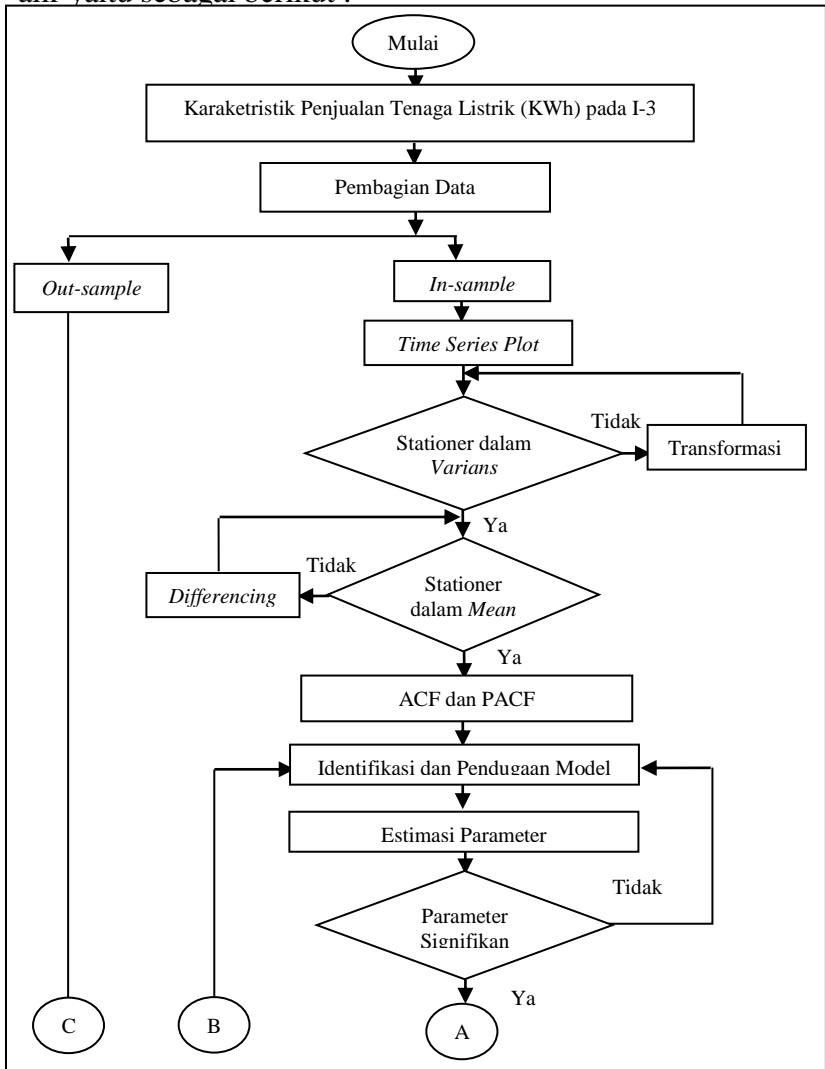
### 3.2 Metode dan Langkah Analisis

Metode analisis yang digunakan untuk memprediksi kebutuhan energi listrik berdasarkan tenaga listrik(KWh) yang terjual adalah dengan menggunakan *ARIMA Box Jenkins*, dengan langkah analisis adalah sebagai berikut :

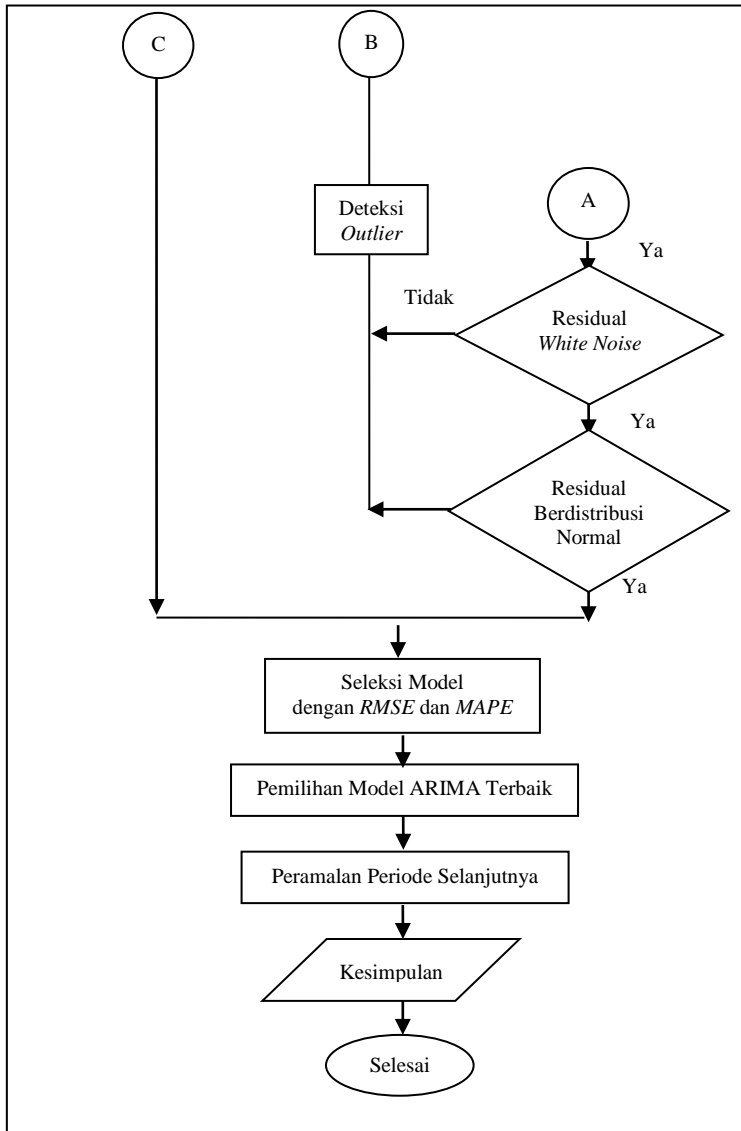
1. Mendeskripsikan data penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) dari bulan Januari 2012 sampai dengan Desember 2017 di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur dengan menggunakan statistika deskriptif.
2. Membagi data penjualan tenaga listrik (KWh) menjadi dua bagian yaitu sebagai data *in sample* dan data *out sample*. Data *in sample* digunakan untuk memodelkan serta meramalkan sedangkan data *out sample* digunakan untuk validasi hasil ramalan.
3. Mengidentifikasi pola data dengan membuat plot *time series* data penjualan tenaga listrik (KWh) pada industri menengah (I-3).
4. Mengidentifikasi kestasioneran dalam *varians* dengan pemeriksaan *Box-Cox* dan *mean* dengan pola ACF pada data penjualan tenaga listrik (KWh) pada industri menengah (I-3).
5. Apabila data tidak stationer dalam *varians* maka perlu dilakukan transformasi *Box-Cox*.
6. Apabila data tidak stationer dalam *mean* maka perlu dilakukan *differencing*.
7. Membuat dan mengidentifikasi pola ACF dan PACF.
8. Melakukan pendugaan model sementara

9. Melakukan estimasi parameter untuk model *ARIMA* yang diduga.
10. Memilih model terbaik berdasarkan kriteria tertentu yang telah signifikan.
11. Melakukan pengujian asumsi residual yaitu uji *white-noise*.
12. Melakukan pengujian asumsi distribusi normal.
13. Melakukan deteksi *outlier* jika residual data tidak memenuhi asumsi *white noise* atau berdistribusi normal.
14. Melakukan pemilihan model menggunakan kriteria MAPE dan RMSE terkecil.
15. Melakukan peramalan untuk penjualan tenaga listrik (KWh) pada industri menengah (I-3) periode selanjutnya.
16. Menarik kesimpulan.

Langkah-langkah diatas dapat digambarkan pada diagram alir yaitu sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram Alir

**Gambar 3.1** Lanjutan

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai karakteristik dan hasil analisis peramalan penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur dengan menggunakan metode *ARIMA Box-Jenkins*. Pembahasan yang pertama dimulai dengan statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik dari volume penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3).

### 4.1 Karakteristik Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) Tahun 2012-2017

Statistika deskriptif digunakan untuk mengetahui karakteristik data dari penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur. Data yang digunakan yaitu data penjualan perbulan dari Januari 2012 sampai Desember 2017 dengan hasil *output* yang terdapat pada Lampiran 4 dan disajikan pada Tabel 4.1 yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Karakteristik Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) Selama Tahun 2012-2017

Tahun	Minimum	Nilai Tengah	Maksimum	Rata-Rata	Total Penjualan Kwh
<b>2012</b>	<b>510.141.992</b>	<b>625.242.320</b>	<b>650.236.699</b>	<b>610.333.293</b>	<b>7.323.999.514</b>
2013	455.473.583	693.034.915	973.120.542	690.711.536	8.288.538.436
2014	632.813.576	732.748.057	756.592.788	722.334.713	8.668.016.556
2015	589.537.910	734.296.055	774.773.552	715.950.906	8.591.410.877
2016	639.647.451	784.435.138	823.762.436	773.195.511	9.278.346.137
<b>2017</b>	<b>637.385.608</b>	<b>796.125.640</b>	<b>870.977.392</b>	<b>788.911.940</b>	<b>9.466.943.280</b>

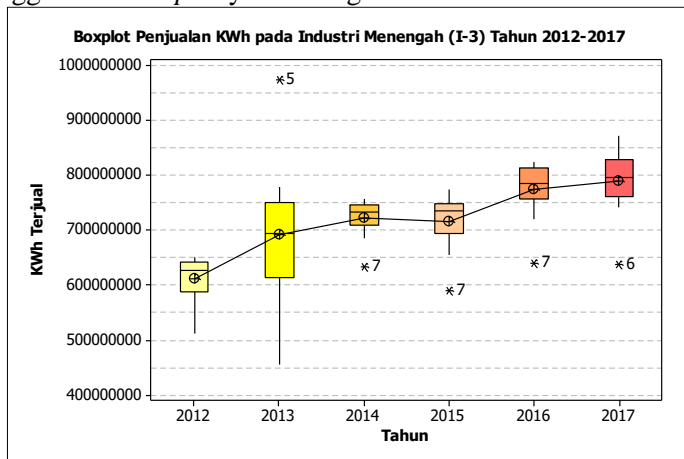
Keterangan : **Tanda tebal** merupakan angka yang dijelaskan.

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa total penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur pada tahun 2012 mencapai 7.323.999.514 KWh dengan rata-rata penjualan setiap bulannya adalah 610.333.293 KWh, serta nilai tengah yaitu sebesar



625.242.320 KWh, artinya terdapat enam bulan yang memiliki penjualan diatas 625.242.320 KWh dan enam bulan lainnya memiliki penjualan dibawah 625.242.320 KWh. Penjualan paling rendah yaitu sebesar 510.141.992 KWh sedangkan penjualan yang paling tinggi sebesar 650.236.699 KWh. Pada tahun 2017 total penjualan KWh mencapai 9.466.943.280 KWh dengan rata-rata penjualan setiap bulannya adalah 788.911.940 KWh, serta nilai tengah yaitu sebesar 796.125.640 KWh, artinya terdapat enam bulan yang memiliki penjualan diatas 796.125.640 KWh dan enam bulan lainnya memiliki penjualan dibawah 796.125.640 KWh. Penjualan paling rendah yaitu sebesar 637.385.608 KWh sedangkan penjualan yang paling tinggi sebesar 870.977.392 KWh.

Berdasarkan penjelasan diatas dapat diketahui bahwa selama tahun 2012 hingga tahun 2017 penjualan cenderung mengalami peningkatan. Selain itu, untuk mengetahui gambaran sebaran penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) setiap tahunnya dapat dilihat dengan menggunakan *boxplot* yaitu sebagai berikut :



**Gambar 4.1** Boxplot Penjualan Tenaga Listrik (KWh)

Pada Golongan Industri Menengah (I-3)

Keterangan : Tanda bintang (\*) merupakan data outlier

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) selama tahun 2012-2017 cenderung mengalami kenaikan. Dimana pada tahun 2013 memiliki range besar serta memiliki peningkatan yang paling signifikan dari tahun 2012 yaitu sebesar 80.300.000 KWh. Penjualan tertinggi pernah terjadi pada tahun 2017 dengan kisaran 870.000.000 KWh, sedangkan penjualan paling rendah pernah terjadi pada tahun 2013 yaitu sekitar 460.000.000 KWh.

Untuk mengetahui data dengan nilai yang ekstrem selama 2013-2017 digambarkan dengan tanda bintang (\*) pada *Boxplot*. Nilai ekstrem ini disebabkan kejadian yang tidak konsekuensi pada nilainya seperti jumlah pelanggan dan krisis ekonomi. Pada tahun 2013 data *outlier* yaitu terjadi pada bulan ke-5, hal ini menunjukkan bulan Mei memiliki penjualan yang jauh lebih tinggi dari rata-rata yaitu berada pada kisaran 970.000.000 KWh. Pada tahun 2014, 2015 dan 2016 data *outlier* dibawah yaitu terjadi pada bulan ke-7, hal ini menunjukkan bulan Juli memiliki penjualan yang jauh lebih rendah dari rata-rata yaitu secara berturut-turut berada pada kisaran 630.000.000 KWh, 590.000.000 KWh dan 640.000.000 KWh. Sedangkan tahun 2017 data *outlier* yaitu terjadi pada bulan ke-6, hal ini menunjukkan bulan Juni memiliki penjualan yang jauh lebih rendah dari rata-rata yaitu berada pada kisaran 640.000.000 KWh. Penurunan tersebut terjadi besar disebabkan karena adanya lebaran, dimana banyak pabrik industri menengah yang mengurangi jam beroperasi, sehingga listrik yang digunakan hanya sedikit.

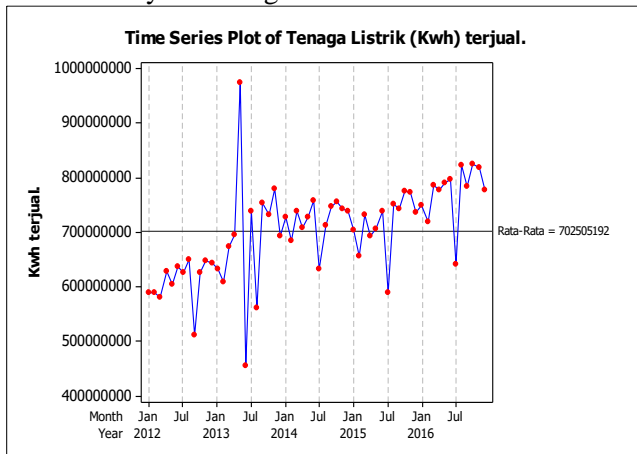
#### **4.2 Peramalan Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) dengan Menggunakan ARIMA**

Terdapat beberapa langkah pada proses memodelkan penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) dengan metode ARIMA. Pertama yaitu data dibagi menjadi dua yaitu data *in sample* dan *out sample*. Data *in-sample* digunakan untuk menduga model sedangkan data *out-sample*

digunakan untuk validasi model. Penelitian ini menggunakan 60 data untuk menduga model berdasarkan data tahun 2012-2016 (data *in sample*) sementara serta sisanya 12 data untuk validasi model (data *outsample*) berdasarkan data tahun 2017. Langkah yang kedua yaitu identifikasi stationeritas data dan identifikasi model dengan melihat pola ACF. Langkah ketiga melakukan estimasi parameter, uji signifikansi parameter, dan uji asumsi residual. Langkah keempat yaitu jika terdapat beberapa model yang signifikan dan memenuhi asumsi residual dilakukan pemilihan model terbaik untuk dilakukan peramalan.

#### 4.2.1 Identifikasi Time Series Plot

Langkah pertama untuk pemodelan adalah identifikasi melalui plot data untuk mengetahui kestasioneran dari dengan menggunakan data *in-sample* maka diperoleh *time series plot* pada Gambar 4.2 yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4.2** TimeSeries Plot Data In-Sample

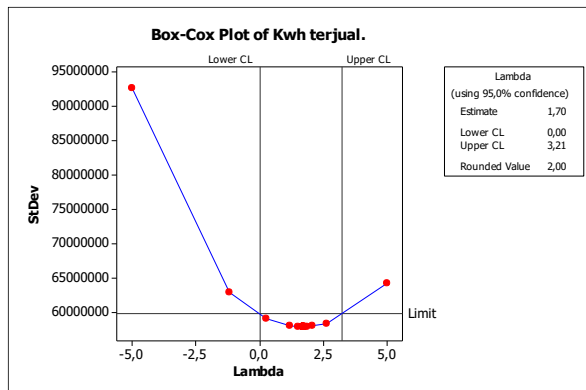
Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Pada Golongan Industri Menengah (I-3)

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur berfluktuasi dan cenderung naik, penurunan paling signifikan hanya terjadi pada periode Juni-Juli 2013, hal ini terjadi diakibatkan oleh beberapa faktor salah

satunya karena adanya lebar. Selain itu, terdapat sebagian data yang berada jauh daripada nilai rata-rata. Oleh karena itu, terdapat indikasi bahwa data tidak stationer dalam *mean*, hal ini akan dibuktikan dengan pola pada ACF dan *time series plot*, akan tetapi sebelumnya dilakukan pemeriksaan kestasioneran dalam varians menggunakan *Box Cox*.

#### 4.2.2 Identifikasi Stationeritas Data

Ada dua identifikasi kestasioneran data *time series* yaitu stationer dalam varians dan stationer dalam *mean*. Pemeriksaan kestasioneran data dalam *mean* dapat diketahui dengan menggunakan *time series plot* dan pola pada ACF, sedangkan kestasioneran data dalam varians dapat dilihat pada nilai  $\lambda$  pada *Box-Cox transformation*. Data dikatakan telah stationer dalam varians yaitu dengan selang kepercayaan sebesar 95%, nilai  $\lambda$  sama dengan atau lebih dari 1 atau nilai *upper limit* (batas atas) dan *lower limit* (batas bawah) telah memuat 1, jika salah satu telah terpenuhi maka dapat diidentifikasi telah stationer dalam varians. Hasil *Box-Cox transformation* ditampilkan pada Gambar 4.3 sebagai berikut :

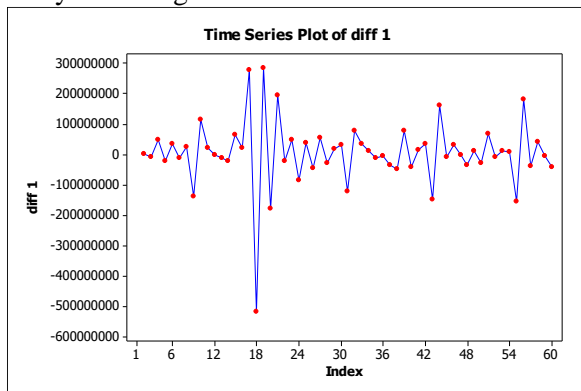


**Gambar 4.3** *Box-Cox Data In-Sample*  
Penjualan KWh Pada Golongan Industri Menengah (I-3)

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa hasil *Box-Cox* dari data penjualan KWh pada golongan industri menengah (I-3)

didapatkan nilai  $\lambda$  pada plot *Box-Cox* adalah sebesar 2,00 dengan nilai *lowerlimit* sebesar 0,00 dan nilai *upper limit* sebesar 3,21. Maka, dapat disimpulkan bahwa plot *Box-Cox* penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) telah stationer dalam varians karena nilai *upper limit* dan *lower limit* nya telah memuat angka 1 serta nilai  $\lambda$  lebih dari 1. Sehingga tidak diperlukan transformasi dan dapat dilanjutkan untuk mengidentifikasi kestasioneran data terhadap nilai rata-ratanya.

Berdasarkan gambar 4.2 diketahui bahwa penjualan tenaga listrik memiliki trend naik, sehingga teridentifikasi bahwa data tidak stationer dalam *mean* dan dilakukan differencing untuk mengatasi ketidakstationeran dalam mean. Hasil *differencing* pertama diunjukkan dengan menggunakan *time series plot* pada Gambar 4.4 yaitu sebagai berikut :

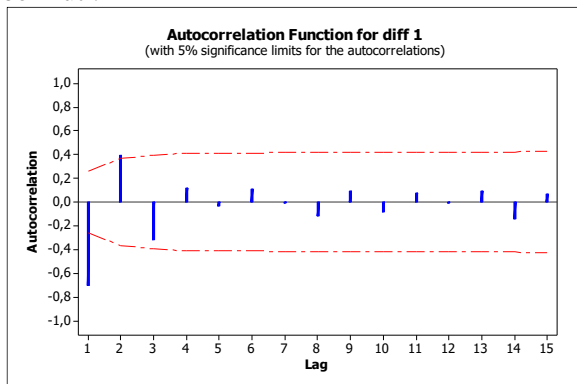


**Gambar 4.4** *Time Series Plot Data In-Sample* Penjualan Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) Setelah *Differencing*

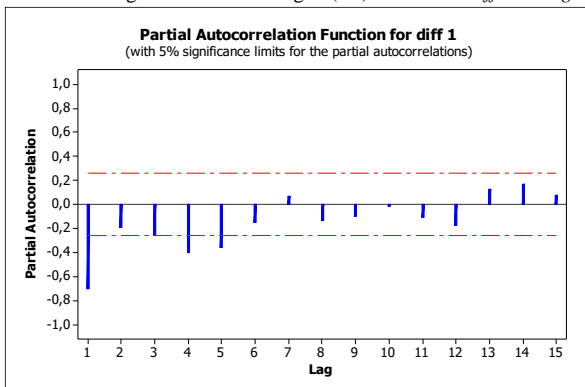
Berdasarkan gambar 4.4 diketahui bahwa data penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) setelah differencing berada di sekitar nilai rata-rata. Hal tersebut menunjukkan bahwa data telah stationer dalam mean, sehingga dapat dilanjutkan untuk tahap pendugaan model.

### 4.2.3 Identifikasi Model ARIMA

Setelah data penjualan tenaga Tenaga Listrik (KWh) pada Golongan Industri Menengah (I-3) diperiksa, dapat diketahui hasilnya data telah stationer dalam varians dan stationer dalam *mean* setelah dilakukan *differencing*. Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi model dugaan dengan melihat ACF dan PACF menggunakan data hasil *differencing* dengan hasil *output* yang terdapat pada Lampiran 5 dan Lampiran 6. Pola ACF dan PACF disajikan pada gambar 4.5 dan 4.6 yaitu sebagai berikut :



**Gambar 4.5** ACF Data *In-Sample* Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Pada Golongan Industri Menengah (I-3) Setelah di *Differencing*



**Gambar 4.6** PACF Data *In-Sample* Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Pada Golongan Industri Menengah (I-3) Setelah di *Differencing*

Pada pola ACF terlihat bahwa lag yang signifikan terjadi pada lag 1 dan 2. Sedangkan pada plot PACF terlihat bahwa lag yang signifikan terjadi pada lag 1, 4, dan 5. Plot ACF digunakan untuk membentuk orde model *moving average*. Sedangkan plot PACF digunakan untuk mengidentifikasi model *autoregressive*. Sedangkan orde d merupakan orde dari proses *differencing* akibat data tidak stationer dalam *mean*. Sehingga model dugaan yang terbentuk adalah *ARIMA* (1,1,0), *ARIMA* (0,1,1), *ARIMA* (0,1,2), *ARIMA* (1,1,1), *ARIMA* (1,1,2), *ARIMA* (4,1,1), *ARIMA* (4,1,2), *ARIMA* (5,1,1), *ARIMA* (5,1,2), *ARIMA* (5,1,1), *ARIMA* (4,1,0), *ARIMA* (5,1,0). Pada proses identifikasi *time series plot* diduga model memiliki pola musiman, namun pola musiman tidak signifikan pada gambar 4.5 dan 4.6 dimana lag yang menunjukkan pola musiman tidak ada yang keluar, maka tidak perlu dugaan model musiman.

#### 4.2.4 Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter

Berdasarkan model dugaan *ARIMA* pada pembahasan sebelumnya, maka perlu dilakukan estimasi dan pengujian parameter pada masing-masing model *ARIMA* yang terbentuk dari dugaan model. Untuk uji signifikansi parameter model dari parameter *Autoregressive (AR)* dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \phi_p = 0$  (parameter tidak signifikan dalam model)

$H_1: \phi_p \neq 0$  (parameter signifikan dalam model)

Daerah penolakan :  $H_0$  ditolak jika  $|t| > t_{\alpha/2; n-p}$  dimana  $n$  adalah banyaknya observasi  $p$  adalah parameter *AR* yang ditaksir dalam model

Sedangkan untuk pengujian signifikansi parameter *Moving Average (MA)* dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \theta_q = 0$  (parameter tidak signifikan dalam model)

$H_1: \theta_q \neq 0$  (parameter signifikan dalam model)

Daerah penolakan :  $H_0$  ditolak jika  $|t| > t_{\alpha/2; n-q}$  dimana  $n$  adalah banyaknya observasi dan  $q$  adalah parameter  $MA$  yang ditaksir dalam model

Hasil *output* estimasi yang diperoleh dari persamaan (2.15) dan statistik uji  $|t|$  yang diperoleh dari persamaan (2.16) terdapat pada Lampiran 7 hingga Lampiran 16 disajikan pada tabel 4.2 yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Uji Signifikansi Parameter Model Dugaan

Model	Parameter	Estimasi	$ t $	$t_{\alpha/2; n-p}$ atau $t_{\alpha/2; n-q}$	Keputusan
1,1,0	AR 1	-06985	7,42	2.001717	Signifikan
0,1,1	MA 1	0,8396	11,66	2.001717	Signifikan
0,1,2	MA 1	1,1171	8,94	2.002465	Signifikan
	MA 2	-0,3013	2,30	2.002465	Signifikan
1,1,1	AR 1	-0,3543	2,48	2.002465	Signifikan
	MA 1	0,7509	7,34	2.002465	Signifikan
1,1,2	AR 1	-0,7103	2,87	2.003241	Signifikan
	MA 1	0,3485	1,14	2.003241	Tidak Signifikan
	MA 2	0,3406	1,19	2.003241	Tidak Signifikan
4,1,0	AR 1	-0,9758	7,85	2,004045	Signifikan
	AR 2	-0,5518	3,40	2,004045	Signifikan
	AR 3	-0,5966	3,68	2,004045	Signifikan
	AR 4	-0,3952	3,18	2,004045	Signifikan
4,1,1	AR 1	-0,6025	2,61	2.004879	Signifikan
	AR 2	-0,2337	1,05	2.004879	Tidak Signifikan
	AR 3	-0,4832	2,74	2.004879	Signifikan
	AR 4	-03382	2,15	2.004879	Signifikan
	MA 1	0,4888	2,10	2.004879	Signifikan
4,1,2	AR 1	-2,1918	16,26	2.005746	Signifikan
	AR 2	-1,7992	5,78	2.005746	Signifikan
	AR 3	-0,7978	2,56	2.005746	Signifikan
	AR 4	-0,2073	1,55	2.005746	Tidak Signifikan
	MA 1	-1,4079	9599,4	2.005746	Signifikan
	MA 2	-0,4078	43,20	2.005746	Signifikan



**Tabel 4.2** Uji Signifikansi Parameter Model Dugaan (Lanjutan)

Model	Parameter	Estimasi	t	$t_{\alpha/2; n-p}$ atau $t_{\alpha/2; n-q}$	Keputusan
5,1,0	AR 1	-1,1036	8,58	2.004879	Signifikan
	AR 2	-0,7536	4,34	2.004879	Signifikan
	AR 3	-0,7880	4,60	2.004879	Signifikan
	AR 4	-0,7273	4,14	2.004879	Signifikan
	AR 5	-0,3437	2,56	2.004879	Signifikan
5,1,1	AR 1	-0,9604	2,50	2.005746	Signifikan
	AR 2	-0,6151	1,57	2.005746	Tidak Signifikan
	AR 3	-0,7110	2,73	2.005746	Signifikan
	AR 4	-0,6452	2,26	2.005746	Signifikan
	AR 5	-0,2909	1,38	2.005746	Tidak Signifikan
	MA 1	-0,1629	0,41	2.005746	Tidak Signifikan
5,1,2	AR 1	-1,5246	3,43	2.006647	Signifikan
	AR 2	-0,7640	1,45	2.006647	Tidak Signifikan
	AR 3	-0,6740	1,68	2.006647	Tidak Signifikan
	AR 4	-0,7638	1,98	2.006647	Tidak Signifikan
	AR 5	-0,2930	1,20	2.006647	Tidak Signifikan
	MA 1	-0,4342	0,96	2.006647	Tidak Signifikan
	MA 2	0,4825	1,88	2.006647	Tidak Signifikan

Berdasarkan tabel 4.2 diketahui bahwa dari model dugaan *ARIMA* yang telah dilakukan pengujian signifikansi parameter. Model yang memiliki parameter signifikan adalah model *ARIMA* yang memiliki nilai statistik uji  $t$  lebih besar dari nilai  $t_{\alpha/2, df}$ . Model dugaan yang memiliki parameter signifikan adalah model *ARIMA* (1,1,0), *ARIMA* (0,1,1), *ARIMA* (0,1,2), *ARIMA* (1,1,1) *ARIMA* (4,1,0), *ARIMA* (5,1,0)

#### 4.2.5 Pengujian Asumsi Residual

Untuk mengetahui kelayakan model, maka perlu dilakukan pengujian asumsi residual yaitu asumsi residual *white noise* dan berdistribusi normal. *Ljung-Box* adalah uji untuk mengetahui apakah data *white noise* atau belum, sedangkan *Kolmogorov Smirnov* adalah uji untuk mengetahui apakah data telah berdistribusi normal atau belum. Pemeriksaan asumsi *white*

*noise* menggunakan uji *Ljung-Box* dengan hipotesis sebagai berikut :

H<sub>0</sub>: Residual data *white noise*

H<sub>1</sub>: Residual data tidak *white noise*

Hasil *output* statistik uji *Q* yang diperoleh dari persamaan (2.20) terdapat pada lampiran 7 hingga Lampiran 10, Lampiran 15 dan Lampiran 16. Serta dengan taraf signifikan  $\alpha$  sebesar 5%, maka daerah penolakan yaitu H<sub>0</sub> ditolak jika nilai  $Q > \chi^2_{\alpha; K-p-q}$

Berikut adalah hasil pengujian asumsi residual *white noise* yang ditunjukkan pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Pengujian Asumsi Residual Model Dugaan *White Noise*

Model	Lag	df	<i>Q</i>	$\chi^2_{\alpha; K-p-q}$	Keputusan
1,1,0	12	11	24,7	19,67514	Tidak <i>White Noise</i>
	24	23	38,7	35,17246	Tidak <i>White Noise</i>
	36	35	53,6	49,80185	Tidak <i>White Noise</i>
	48	47	72,0	64,00111	Tidak <i>White Noise</i>
0,1,1	12	11	21,7	19,67514	Tidak <i>White Noise</i>
	24	23	30,1	35,17246	Tidak <i>White Noise</i>
	36	35	38,8	49,80185	Tidak <i>White Noise</i>
	48	47	51,5	64,00111	Tidak <i>White Noise</i>
0,1,2	12	10	19,4	18,30704	Tidak <i>White Noise</i>
	24	22	34,7	33,92444	Tidak <i>White Noise</i>
	36	34	49,8	48,60237	Tidak <i>White Noise</i>
	48	46	62,3	62,82962	Tidak <i>White Noise</i>
1,1,1	12	10	21,5	18,30704	Tidak <i>White Noise</i>
	24	22	38,4	33,92444	Tidak <i>White Noise</i>
	36	34	55,0	48,60237	Tidak <i>White Noise</i>
	48	46	69,0	62,82962	Tidak <i>White Noise</i>
4,1,0	12	8	14,5	15,50731	<i>White Noise</i>
	24	20	24,6	31.41043	<i>White Noise</i>
	36	32	35,8	46.19426	<i>White Noise</i>
	48	44	48,7	60.48089	<i>White Noise</i>
5,1,0	12	7	6,0	14.06714	<i>White Noise</i>
	24	19	12,9	30.14353	<i>White Noise</i>
	36	31	19,0	44.98534	<i>White Noise</i>
	48	43	29,2	59.30351	<i>White Noise</i>

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian *whitenoise* dari residual pada model dugaan *ARIMA* yang memiliki parameter yang signifikan. Nilai statistik uji  $Q$  yang lebih kecil dari  $\chi^2_{\alpha;K-p-q}$  hanyaterdapat pada model *ARIMA* (4,1,0) dan *ARIMA* (5,1,0) sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa pada kedua model *ARIMA* tersebut memenuhi asumsi residual *white noise*. Selanjutnya adalah pengujian asumsi residual berdistribusi normal dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov*, dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$ : Residual data berdistribusi normal

$H_1$ : Residual data tidak berdistribusi normal

Dengan taraf signifikan  $\alpha$  sebesar 5% dan  $H_0$  ditolak jika nilai statistik uji  $KS_{hitung}$  yang diperoleh dari persamaan (2.21) hitung lebih besar dari nilai  $KS_{tabel \alpha/2, df}$ . Adapun perhitungan manual  $KS_{hitung}$  terdapat pada Lampiran 17 serta Lampiran 18 dan berikut adalah hasil pengujian asumsi distribusi normal dari residual pada model dugaan yang disajikan pada Tabel 4.4 :

**Tabel 4.4** Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Model <i>ARIMA</i>	$KS_{hitung}$	$KS_{tabel}$	Keputusan
4,1,0	0,157	0.177057	Berdistribusi Normal
5,1,0	0,148	0.177057	Berdistribusi Normal

Berdasarkan tabel 4.4 dapat diketahui bahwa pengujian asumsi berdistribusi normal dari residual kedua model penduga telah memenuhi asumsi residual berdistribusi normal karena nilai statistik uji  $KS_{hitung}$  yang kurang  $KS_{tabel}$ , karena model penduga yang didapatkan lebih dari satu, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan kriteria model terbaik.

#### 4.2.6 Pemilihan Model Terbaik

Model yang telah memiliki parameter signifikan dan memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal adalah model *ARIMA* (5,1,0) dan *ARIMA* (4,1,0). Untuk itu perlu dipilih satu model terbaik untuk meramalkan penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) dengan berdasarkan kriteria nilai RMSE dan MAPE terkeci 1.

Perhitungan manual terdapat pada Lampiran 19 serta Lampiran 20 dan berikut adalah hasil RMSE dan MAPE dari model *ARIMA* (4,1,0) dan *ARIMA* (5,1,0) yang disajikan dalam Tabel 4.5 :

**Tabel 4.5** Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Model <i>ARIMA</i>	RMSE	MAPE
<b>4,1,0</b>	<b>55987826.39</b>	<b>4.906392971</b>
5,1,0	57010728.06	5.725950317

Berdasarkan nilai tabel 4.5 menunjukkan model terbaik adalah model *ARIMA* (4,1,0) memiliki nilai RMSE dan MAPE yang lebih kecil dari pada model model *ARIMA* (5,1,0). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model terbaik untuk penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) diPT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur adalah model *ARIMA* (4,1,0).

Berdasarkan persamaan (2.16) model terbaik dari data *in sample* yaitu *ARIMA* (4,1,0) dapat diuraikan menjadi bentuk umum sebagai berikut:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \phi_3 B^3 - \phi_4 B^4)(1 - B)Z_t = a_t$$

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \phi_3 B^3 - \phi_4 B^4 - B + \phi_1 B^2 + \phi_2 B^3 + \phi_3 B^4 + \phi_4 B^5)Z_t = a_t$$

$$(1 - \phi_1 B - B - \phi_2 B^2 + \phi_1 B^2 - \phi_3 B^3 + \phi_2 B^3 - \phi_4 B^4 + \phi_3 B^4 + \phi_4 B^5)Z_t = a_t$$

$$(1 - (1 + \phi_1)B - (\phi_2 - \phi_1)B^2 - (\phi_3 - \phi_2)B^3 - (\phi_4 - \phi_3)B^4 + \phi_4 B^5)Z_t = a_t$$

$$Z_t - (1 + \phi_1)BZ_t - (\phi_2 - \phi_1)B^2Z_t - (\phi_3 - \phi_2)B^3Z_t - (\phi_4 - \phi_3)B^4Z_t + \phi_4 B^5Z_t = a_t$$

$$Z_t - (1 + \phi_1)Z_{t-1} - (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} - (\phi_3 - \phi_2)Z_{t-3} - (\phi_4 - \phi_3)Z_{t-4} + \phi_4 Z_{t-5} = a_t$$

$$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} + (\phi_3 - \phi_2)Z_{t-3} + (\phi_4 - \phi_3)Z_{t-4} - \phi_4 Z_{t-5} + a_t$$

$$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} + (\phi_3 - \phi_2)Z_{t-3} + (\phi_4 - \phi_3)Z_{t-4} - \phi_4 Z_{t-5} + a_t$$

$$Z_t = (1 - 0,9758)Z_{t-1} + (-0,5518 + 0,9758)Z_{t-2} + (-0,5966 + 0,5518)Z_{t-3} +$$

$$(-0,3952 + 0,5966)Z_{t-4} + 0,3952Z_{t-5} + a_t$$

$$Z_t = 0,0242Z_{t-1} + 0,424Z_{t-2} - 0,0048Z_{t-3} + 0,2014Z_{t-4} + 0,3952Z_{t-5} + a_t$$

Untuk mendapatkan nilai hasil ramalan dengan menggunakan model *ARIMA* (4,1,0) maka data yang digunakan adalah data penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) dari Januari 2012 hingga Desember 2017 sehingga diperoleh hasil *output* yang terdapat pada Lampiran 21. Adapun hasil estimasi parameter disajikan pada Tabel 4.6 yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.6** Estimasi Parameter Model *ARIMA* (4,1,0) pada Data Penjualan Tenaga Listrik (Kwh) Golongan Industri Menengah (I-3) Bulan Januari 2012-Desember 2017

Model	Parameter	Estimasi
4,1,0	AR 1	-0,9510
	AR 2	-0,5249
	AR 3	-0,5634
	AR 4	-0,3759

Dari Estimasi Parameter Model *ARIMA* (4,1,0) pada data penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) Januari 2012-Desember 2017 dapat diperoleh model sistematis yaitu sebagai berikut:

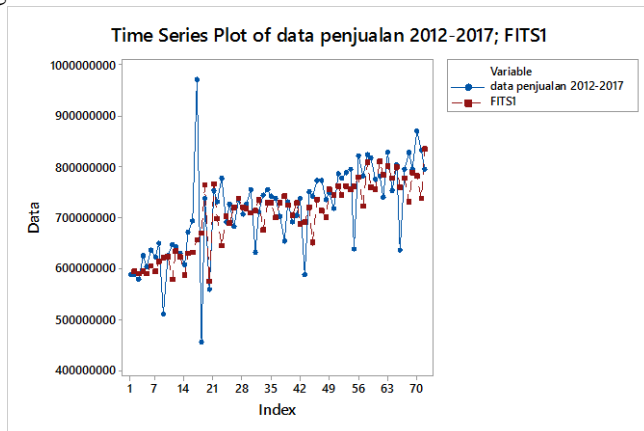
$$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} + (\phi_3 - \phi_2)Z_{t-3} + (\phi_4 - \phi_3)Z_{t-4} - \phi_4Z_{t-5} + a_t$$

$$Z_t = (1 - 0,9510)Z_{t-1} + (-0,5249 + 0,9510)Z_{t-2} + (-0,5634 + 0,5249)Z_{t-3} + (-0,3759 + 0,5634)Z_{t-4} + 0,3759Z_{t-5} + a_t$$

$$Z_t = 0,049Z_{t-1} + 0,4261Z_{t-2} - 0,0385Z_{t-3} + 0,1875Z_{t-4} + 0,3759Z_{t-5} + a_t$$

Model *ARIMA* diatas menunjukkan bahwa untuk penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) pada periode ke-*t*, dipengaruhi dari penjualan tenaga listrik satu hingga lima bulan sebelumnya. Dengan catatan bahwa, pengaruh penjualan tenaga listrik pada tiga bulan sebelumnya adalah negatif, artinya kenaikan penjualan tiga bulan sebelumnya akan menurunkan penjualan tenaga listrik pada periode ke-*t*.

Setelah mengetahui model terbaik dari penjualan KWh golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, selanjutnya adalah melihat grafik perbandingan antara data aktual dengan fits atau hasil ramalan dari model yang telah didapatkan dengan hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.7 sebagai berikut :



**Gambar 4.7** Perbandingan Nilai Ramalan dengan Data Aktual

Gambar 4.7 menunjukkan plot nilai ramalan dengan data aktual yaitu penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur tahun 2012-2017 tidak berbeda jauh dan saling berdekatan. Berdasarkan gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa model yang didapatkan yaitu model *ARIMA* (4,1,0) telah menggambarkan data aktual secara baik, dan layak digunakan dalam meramalkan penjualan tenaga listrik pada periode selanjutnya.

#### 4.2.7 Peramalan Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Golongan Industri Menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2018

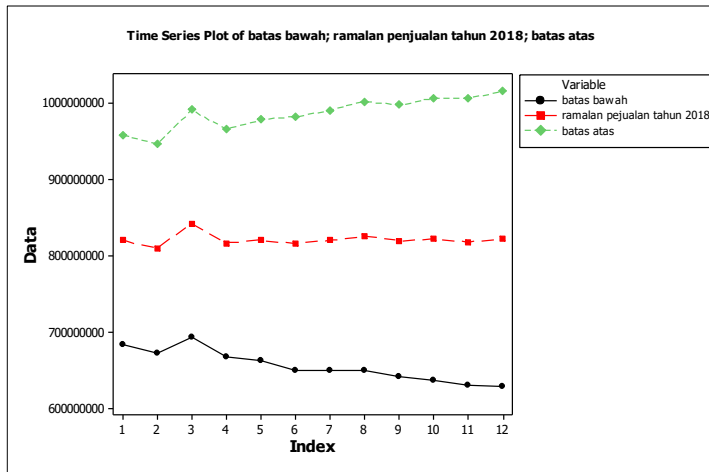
Setelah mendapatkan model terbaik, selanjutnya dilakukan peramalan penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur untuk satu tahun selanjutnya yaitu pada periode Januari – Desember 2018 menggunakan model terbaik yaitu *ARIMA* (4,1,0). Dengan hasil ramalan yang disajikan pada tabel 4.7 yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Hasil Ramalan Penjualan KWh Golongan Industri Menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2018

Bulan	Batas Bawah Ramalan Penjualan	Hasil Ramalan Penjualan	Batas Atas Ramalan Penjualan
Januari	684110297	821040653	957971009
<b>Februari</b>	<b>672802597</b>	<b>809897371</b>	<b>946992146</b>
<b>Maret</b>	<b>693357937</b>	<b>842478744</b>	<b>991599552</b>
April	668146578	817268121	966389663
Mei	663740760	821159738	978578716
Juni	650376877	816525339	982673801
Juli	650496378	820845601	991194824
Agustus	650340877	826454222	1002567566
September	642008254	820000811	997993367
Oktober	638207780	822501879	1006795977
November	630425647	818727091	1007028535
Desember	629209739	822531439	1015853138

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa untuk nilai ramalan atau prediksi penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur paling rendah terjadi pada bulan Februari yaitu 809.897.371 KWh dan penjualan paling tinggi terjadi pada bulan Maret yaitu 842.478.744 KWh.

Secara visual peramalan menggunakan model terbaik yaitu *ARIMA* (4,1,0) dapat dilihat pada gambar 4.8 yaitu sebagai berikut :



**Gambar 4.8** Nilai Ramalan Penjualan Tenaga Listrik (KWh) Golongan Industri Menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2018

Gambar 4.8 menunjukkan hasil ramalan penjualan tenaga listrik (KWh) golongan industri menengah (I-3) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur untuk satu tahun selanjutnya yaitu pada periode Januari – Desember 2018 bahwa ramalan penjualan tenaga listrik pada tahun 2016 memiliki fluktuasi yang rendah.

Untuk mengetahui perbandingan penjualan pada tahun 2017 dengan hasil ramalan untuk satu tahun selanjutnya yaitu pada periode Januari – Desember 2018 dapat dilihat pada tabel 4.8 yaitu sebagai berikut :

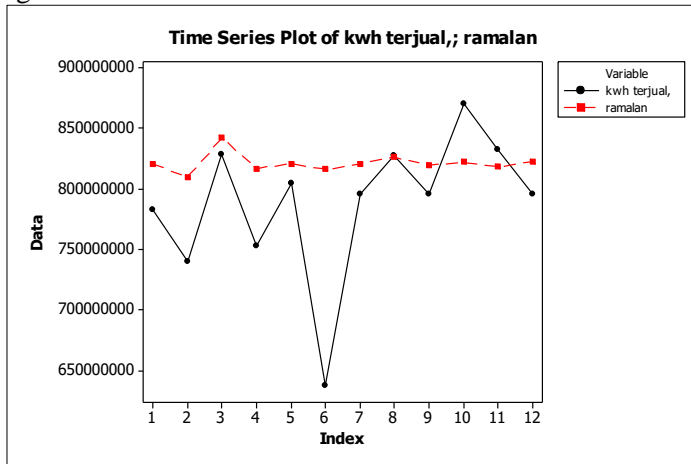


**Tabel 4.8** Perbandingan Hasil dengan Nilai Aktual Penjualan Tahun 2017 Dengan Ramalan Penjualan Tahun 2018

Bulan	Penjualan pada Tahun 2017	Hasil Ramalan Penjualan 2018
Januari	782539495	821040653
Februari	740419648	<b>809897371</b>
Maret	828363190	<b>842478744</b>
April	753473786	817268121
Mei	804431643	821159738
<b>Juni</b>	<b>637385608</b>	816525339
Juli	795840104	820845601
Agustus	828335570	826454222
September	795642695	820000811
Oktober	<b>870977392</b>	822501879
November	833122973	818727091
Desember	796411176	822531439
Total	9466943280	9859431009

Tabel 4.8 menunjukkan dengan menggunakan model *ARIMA* (4,1,0) diperoleh hasil nilai ramalan penjualan tenaga listrik yang paling rendah diperkirakan terjadi pada bulan Februari 2018, sedangkan penjualan tenaga listrik yang paling tinggi diperkirakan terjadi pada bulan Maret 2018. Berbeda dengan tahun 2017, penjualan tenaga listrik yang paling tinggi terjadi pada bulan Oktober 2017, sedangkan penjualan tenaga listrik yang paling rendah terjadi pada bulan Juni 2017. Nilai total ramalan penjualan tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar 392.487.729 KWh atau 2,031% dari satu tahun sebelumnya.

Perbandingan hasil ramalan tahun 2018 dengan satu tahun sebelumnya yaitu tahun 2017 ada pada Gambar 4.9 yaitu sebagai berikut :



**Gambar 4.9** Plot Hasil dengan Nilai Aktual Penjualan Tahun 2017 dengan Ramalan Penjualan Tahun 2018

Gambar 4.9 menunjukkan nilai ramalan pada tahun 2018 dibandingkan dengan satu tahun sebelumnya yaitu tahun 2017. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa besarnya penjualan tenaga listrik pada tahun 2018 secara umum akan mengalami kenaikan dari tahun 2017. Pada hasil ramalan penjualan Tahun 2018 dapat diketahui kenaikan yang sangat tinggi terjadi pada bulan Maret, tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan penjualan pada Tahun 2017 dimana kenaikan tertinggi terjadi pada bulan Maret. Dari ramalan penjualan Tahun 2018 juga dapat diketahui bahwa penurunan penjualan yang besar terjadi pada bulan April, hal ini berbeda dengan Tahun 2017 dimana penurunan penjualan terjadi pada bulan Juni karena terdapat cuti lebaran sehingga penjualan tenaga listrik untuk golongan industri menengah (I-3) menurun drastis disebabkan banyak pabrik yang libur dan mengurangi jam nyala listrik.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan yaitu penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) selama tahun 2012-2017 fluktuatif namun cenderung mengalami kenaikan. Penjualan tertinggi pernah terjadi pada tahun 2017 dengan kisaran 870.000.000 KWh, sedangkan penjualan paling rendah pernah terjadi pada tahun 2013 yaitu sekitar 460.000.000 KWh

Untuk model terbaik dari penjualan tenaga listrik (KWh) pada golongan industri menengah (I-3) adalah model *ARIMA* (4,1,0) dengan hasil nilai ramalan penjualan tenaga listrik yang paling rendah diperkirakan terjadi pada bulan Februari 2018, sedangkan penjualan tenaga listrik yang paling tinggi diperkirakan terjadi pada bulan Maret 2018. Nilai total ramalan penjualan tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar 392.487.729 KWh atau 2,031% dari satu tahun sebelumnya.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil ramalan yang diperoleh saran untuk diPT. (PLN) Persero Distribusi Jawa agar memperkirakan untuk meningkatkan persediaan pasokan listrik golongan industri menengah(I-3) yaitu sebesar 2,031%. Saran untuk penelitian selanjutnya untuk lebih teliti dalam proses input data dan pada proses menentukan model dugaan serta memperbanyak data.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*


## DAFTAR PUSTAKA

- Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time Series Analysis with Application in R*. New York: Springer.
- Daniel, W. W. (1989). *Statistik Nonparametrik Terapan*. Jakarta: Gramedia.
- Gooijer, Jan G. De dan Hyndman, Rob J. (2006). *25 Years Of Time Series Forecasting*. International Journal of Forecasting 22, no. 443-473.
- Gujarati, D.N., & Porter, D.C. (2012). *Basic Econometrics*. 5th Edition. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Isnarwaty, D. P (2017). *Peramalan Konsumsi Listrik Berdasarkan Pemakaian Kwh Untuk Kategori Industri I-4 Di Pt. Pln (Persero) Distribusi Jawa Timur Menggunakan Arima Box-Jenkins*. Surabaya: ITS Press.
- KOMINFO JATIM. (2017). *Pembangunan Industri Kunci Keberhasilan Ekonomi Jawa Timur*. Diakses pada 29 Desember 2017, dari Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur : <http://kominfo.jatimprov.go.id/read/umum/pembangunan-industri-kunci-keberhasilan-ekonomi-jawa-timur->.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1999). *METODE DAN APLIKASI PERAMALAN Jilid 1* . (KEDUA ed.). (M. d. Ir. Untung Sus Andriyanto, Penerj.) Jakarta: Erlangga.
- Permen ESDM. (2016). *Permen ESDM No.28 Th 2016*. Jakarta : Menteri Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia
- Reading&Learning. (2017). Perbedaan Satuan KW, KVA, KWH, KVAR dan penjelasannya. Diakes pada 2 Januari 2018, dari <https://duniaberbagiilmuuntuksemua.blogspot.co.id/2017/06/perbedaan-satuan-kw-kva-kwh-kvar-dan-penjasannya.html>

- Surabaya Tribunnews. (2017). *Jatim Kontribusi Tertinggi Industri Nasional, Terbesar dari Sektor ini*. Diakses pada 2 Januari 2018, dari <http://surabaya.tribunnews.com/2017/04/17/jatim-kontribusi-tertinggi-industri-nasional-terbesar-dari-sektor-ini>
- Saputri, I. A. (2016). *Peramalan Penjualan Tenaga Listrik pada Sektor Industri di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur*. Surabaya: ITS Press.
- Solopos. (2017). *Sektor Industri Bikin Konsumsi Listrik Jatim Naik 12,5%*, Diakses pada 2 Januari 2017 dari <http://m.solopos.com/2017/10/27/sektor-industri-bikin-konsumsi-listrik-jatim-naik-152-863749>
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, 2nd edition*. New York: Pearson.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Surat Ijin Pengambilan Data

 <b>PT PLN (Persero)</b> <b>DISTRIBUSI JAWA TIMUR</b>	
Jalan Embong Trengguli 19-21 Surabaya 60271 Telepon : 031 5340651 s/d 5340657      Facsimile : 031 5310057      Website : www.pln-jatim.co.id Kotak Pos : 031 6115 / Sbsg	
<hr/> Nomor : 5716 / SDM.04.09/DIST-JATIM/2017      06 Des 2017 Lampiran : Sifat : Perihal : Ijin Penelitian Tugas Akhir	
Kepada : <b>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVENBER</b> <b>Fakultas Volasi</b> <b>Departemen Statistika Bisnis</b> <b>Kampus ITS Sukolilo</b> <b>Surabaya, 60111</b>	

Up. Yth. Dekan

Sehubungan dengan surat Saudara No. 072849/IT2.VI.8.6/TU.00.09/2017 tanggal 27 November 2017 perihal Permohonan Izin Memperoleh Data untuk Tugas Akhir, dengan ini disampaikan bahwa kami memberikan ijin mahasiswa berikut :

NO	NAMA	NIM
1	Aliffia Rahma Anandayani	10611500000062

Untuk melakukan pengambilan data di Bidang terkait, Selanjutnya, yang bersangkutan harap menghubungi PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, Bidang Niaga, Jl. Embong Trengguli No. 19 - 21, Surabaya 60271.

Perlu kami sampaikan bahwa :

1. PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur hanya memberikan data yang bersifat tidak rahasia.
2. Ijin diberikan mulai tanggal 1 Desember s.d 31 Desember 2017.
3. Mahasiswa wajib menyerahkan 1 (satu) copy laporan hasil Penelitian ke PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

Demikian disampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

  
 MANAJER SDM & ORGANISASI  
 DISTRIBUSI  
 JAWA TIMUR  
 MACHFUD SUPARTA

Tembusan :

1. Manajer Niaga
2. Mahasiswa yang bersangkutan



## Lampiran 2. Surat Pernyataan Kevalidan Data

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi ITS:

Nama : Aliffia Rahma Anandiyani  
NRP : 10611500000062

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data  
sekunder yang diambil dari ~~Penelitian/Buku/Tugas Akhir/Thesis/Publikasi \*~~ yaitu:

Sumber : PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur  
Keterangan : Data Penjualan Energi Listrik Segmen Industri PT PLN  
(Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2011 - 2017

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka  
saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.



(ALEXANDER Z.A )  
NIP. 82082812

Surabaya, 08 Mei 2018  
Yang Membuat Pernyataan,

(Aliffia Rahma Anandiyani)  
NRP. 10611500000062

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

(Dr. Brodjot Sutjiyo Suprih Ulama)  
NIP. 19660125 199002 1 001

**Lampiran 3.** Data Penjualan Tenaga Listrik Golongan Industri Menengah (I-3)

Bulan Ke -	Tahun Penjualan Tenaga Listrik (KWh)				
	2012	2013	...	2016	2017
1	587975692	631236278	...	748689955	782539495
2	588068033	608348589	...	718854561	740419648
3	579343999	672488804	...	786198061	828363190
4	626728583	694690820	...	777450814	753473786
5	603792043	973120542	...	789613724	804431643
6	636710109	455473583	...	795714708	637385608
7	624445791	738627166	...	639647451	795840104
8	650236699	560397591	...	822090123	828335570
9	510141992	753848136	...	782672214	795642695
10	626038848	731022560	...	823762436	870977392
11	646999907	777905357	...	817789272	833122973
12	643517818	691379010	...	775862818	796411176

**Lampiran 4.** *Output* Minitab Statistika Deskriptif

Descriptive Statistics: 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017					
Variable	Mean	Sum	Minimum	Median	Maximum
2012	610333293	7323999514	510141992	625242320	650236699
2013	690711536	8288538436	455473583	693034915	973120542
2014	722334713	8668016556	632813576	732748057	756592788
2015	715950906	8591410877	589537910	734296055	774773552
2016	773195511	9278346137	639647451	784435138	823762436
2017	788911940	9466943280	637385608	796125640	870977392

**Lampiran 5.** *Output Minitab Autocorrelation Function setelah Differencing*

**Autocorrelation Function: diff 1**

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0,698392	-5,36	30,27
2	0,389508	2,13	39,85
3	-0,318194	-1,62	46,35
4	0,116718	0,57	47,24
5	-0,029340	-0,14	47,30
6	0,106917	0,52	48,08
7	-0,009810	-0,05	48,08
8	-0,118711	-0,57	49,08
9	0,088941	0,43	49,65
10	-0,084417	-0,40	50,17
11	0,072841	0,35	50,57
12	-0,012040	-0,06	50,58
13	0,092666	0,44	51,25
14	-0,140952	-0,67	52,84
15	0,065793	0,31	53,20

**Autocorrelation Function: diff 1**

**Lampiran 6.** *Output Minitab Partial Autocorrelation Function setelah Differencing*

**Partial Autocorrelation Function: diff 1**

Lag	PACF	T
1	-0,698392	-5,36
2	-0,191789	-1,47
3	-0,259292	-1,99
4	-0,404731	-3,11
5	-0,361027	-2,77
6	-0,152683	-1,17
7	0,066721	0,51
8	-0,130698	-1,00
9	-0,100800	-0,77
10	-0,019458	-0,15
11	-0,108042	-0,83
12	-0,173256	-1,33
13	0,122138	0,94
14	0,170956	1,31
15	0,077580	0,60

**Partial Autocorrelation for diff 1**

### Lampiran 7. Output Minitab Model ARIMA (1,1,0)

#### ARIMA Model: Kwhterjual.

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters
0 8,17630E+17	0,100	
1 6,63605E+17	-0,050	
2 5,41514E+17	-0,200	
3 4,51357E+17	-0,350	
4 3,93133E+17	-0,500	
5 3,66843E+17	-0,650	
6 3,65179E+17	-0,696	
7 3,65175E+17	-0,698	
8 3,65175E+17	-0,698	

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SECoef	T	P
AR 1	-0,6985	0,0942	-7,42	0,000

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 365174830568613380 (backforecasts excluded)  
MS = 6296117768424369 DF = 58

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	24,7	38,7	53,6	72,0
DF	11	23	35	47
P-Value	0,010	0,021	0,023	0,011

**Lampiran 8. Output Minitab Model ARIMA (0,1,1)****ARIMA Model: Kwhterjual.**

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters
0	6,23600E+17	0,100
1	5,24544E+17	0,250
2	4,51174E+17	0,400
3	3,94371E+17	0,550
4	3,50733E+17	0,700
5	3,29905E+17	0,850
6	3,29729E+17	0,836
7	3,29712E+17	0,842
8	3,29707E+17	0,839
9	3,29705E+17	0,840
10	3,29705E+17	0,840

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SECoef	T	P
MA 1	0,8396	0,0720	11,66	0,000

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 329089854985839170 (backforecasts excluded)  
MS = 5673963016997227 DF = 58

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	21,7	30,1	38,8	51,5
DF	11	23	35	47
P-Value	0,027	0,146	0,304	0,302

## Lampiran 9. Output Minitab Model ARIMA (0,1,2)

### ARIMA Model: Kwhterjual.

Estimates at each iteration

Iteration		SSE	Parameters
0	6,70085E+17	0,100	0,100
1	5,63345E+17	0,250	0,132
2	4,76969E+17	0,400	0,145
3	4,07790E+17	0,550	0,128
4	3,54874E+17	0,700	0,055
5	3,20533E+17	0,850	-0,067
6	3,04117E+17	1,000	-0,201
7	3,00781E+17	1,092	-0,279
8	3,00626E+17	1,110	-0,296
9	3,00607E+17	1,115	-0,299
10	3,00604E+17	1,117	-0,301
11	3,00603E+17	1,117	-0,301

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SECoef	T	P
MA	1	1,1171	0,1250	8,94	0,000
MA	2	-0,3013	0,1309	-2,30	0,025

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 300389109875933570 (backforecasts excluded)  
MS = 5269984383788308 DF = 57

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19,4	34,7	49,8	62,3
DF	10	22	34	46
P-Value	0,035	0,042	0,040	0,054

**Lampiran 10. Output Minitab Model ARIMA (1,1,1)****ARIMA Model: Kwhterjual.**

Estimates at each iteration

Iteration		SSE	Parameters
0	7,11399E+17	0,100	0,100
1	4,95110E+17	-0,050	0,250
2	4,33532E+17	-0,039	0,400
3	3,76676E+17	-0,052	0,550
4	3,27096E+17	-0,101	0,700
5	3,00104E+17	-0,251	0,769
6	2,97148E+17	-0,356	0,744
7	2,97109E+17	-0,352	0,753
8	2,97106E+17	-0,355	0,750
9	2,97105E+17	-0,354	0,751
10	2,97105E+17	-0,354	0,751

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SECoef	T	P
AR	1	-0,3543	0,1429	-2,48	0,016
MA	1	0,7509	0,1023	7,34	0,000

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 296887849662045630 (backforecasts excluded)  
MS = 5208558766000801 DF = 57

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	21,5	38,4	55,0	69,0
DF	10	22	34	46
P-Value	0,018	0,017	0,013	0,016

## Lampiran 11. Output Minitab Model ARIMA (1,1,2)

### ARIMA Model: KwhterjuaI.

Estimates at each iteration

Iteration		SSE		Parameters
0	7,71032E+17	0,100	0,100	0,100
1	7,14809E+17	0,185	0,250	0,123
2	6,69900E+17	0,279	0,400	0,134
3	6,13623E+17	0,354	0,550	0,135
4	4,90114E+17	0,308	0,700	0,105
5	3,93594E+17	0,158	0,743	0,039
6	3,52754E+17	0,188	0,893	-0,081
7	3,36676E+17	0,273	1,043	-0,206
8	3,24756E+17	0,123	0,952	-0,146
9	3,19970E+17	-0,027	0,826	-0,048
10	3,15557E+17	-0,177	0,694	0,056
11	3,10629E+17	-0,327	0,561	0,163
12	3,04408E+17	-0,477	0,433	0,268
13	2,95593E+17	-0,627	0,330	0,355
14	2,89995E+17	-0,684	0,371	0,321
15	2,89923E+17	-0,719	0,337	0,352
16	2,89913E+17	-0,705	0,354	0,334
17	2,89910E+17	-0,713	0,345	0,345
18	2,89909E+17	-0,708	0,351	0,338
19	2,89908E+17	-0,711	0,347	0,342
20	2,89908E+17	-0,709	0,350	0,339
21	2,89908E+17	-0,711	0,348	0,341
22	2,89908E+17	-0,710	0,349	0,340
23	2,89908E+17	-0,710	0,348	0,341
24	2,89908E+17	-0,710	0,349	0,340
25	2,89908E+17	-0,710	0,349	0,341

\*\* Convergence criterion not met after 25 iterations \*\*

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SECoef	T	P
AR	1	-0,7103	0,2479	-2,87	0,006
MA	1	0,3485	0,3066	1,14	0,261
MA	2	0,3406	0,2856	1,19	0,238

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 289628632776839040 (backforecasts excluded)  
MS = 5171939871014983 DF = 56

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	18,4	33,6	49,0	64,0
DF	9	21	33	45
P-Value	0,030	0,040	0,036	0,033



**Lampiran 12. Output Minitab Model ARIMA (4,1,0)****ARIMA Model: Kwhterjual.**

Estimates at each iteration

Iteration	SSE		Parameters	
0	7,88619E+17	0,100	0,100	0,100
1	6,56504E+17	-0,050	0,010	0,004
2	5,44281E+17	-0,200	-0,080	-0,092
3	4,51818E+17	-0,350	-0,171	-0,189
4	3,79110E+17	-0,500	-0,262	-0,285
5	3,26170E+17	-0,650	-0,353	-0,383
6	2,93016E+17	-0,800	-0,444	-0,480
7	2,79674E+17	-0,950	-0,535	-0,579
8	2,79379E+17	-0,974	-0,551	-0,596
9	2,79378E+17	-0,976	-0,552	-0,597
10	2,79378E+17	-0,976	-0,552	-0,597

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SECoef	T	P
AR 1	-0,9758	0,1243	-7,85	0,000
AR 2	-0,5518	0,1621	-3,40	0,001
AR 3	-0,5966	0,1622	-3,68	0,001
AR 4	-0,3952	0,1245	-3,18	0,002

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 279155549526340100 (backforecasts excluded)  
MS = 5075555445933456 DF = 55

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	14,5	24,6	35,8	48,7
DF	8	20	32	44
P-Value	0,069	0,216	0,293	0,290

### Lampiran 13. Output Minitab Model ARIMA (4,1,1)

#### ARIMA Model: Kwhterjual.

Estimates at each iteration

Iteration	SSE		Parameters			
0	6,93855E+17	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
1	6,48217E+17	-0,050	0,064	0,069	0,076	0,006
2	6,23768E+17	-0,200	0,033	0,052	0,061	-0,113
3	6,05296E+17	-0,350	0,002	0,037	0,049	-0,239
4	5,88755E+17	-0,500	-0,032	0,022	0,036	-0,368
5	5,72196E+17	-0,650	-0,071	0,004	0,021	-0,496
6	5,54134E+17	-0,800	-0,118	-0,019	0,004	-0,622
7	5,33218E+17	-0,950	-0,176	-0,048	-0,016	-0,742
8	5,07698E+17	-1,100	-0,252	-0,087	-0,040	-0,852
9	4,75367E+17	-1,250	-0,358	-0,145	-0,072	-0,945
10	4,24174E+17	-1,315	-0,508	-0,238	-0,107	-0,904
11	3,82343E+17	-1,396	-0,658	-0,334	-0,149	-0,877
12	3,49490E+17	-1,475	-0,808	-0,436	-0,196	-0,841
13	3,25214E+17	-1,538	-0,958	-0,553	-0,256	-0,764
14	3,15570E+17	-1,465	-0,940	-0,590	-0,289	-0,614
15	3,09478E+17	-1,336	-0,837	-0,567	-0,290	-0,464
16	3,02759E+17	-1,200	-0,725	-0,535	-0,282	-0,314
17	2,95266E+17	-1,064	-0,612	-0,498	-0,269	-0,164
18	2,87302E+17	-0,930	-0,500	-0,460	-0,253	-0,014
19	2,79260E+17	-0,800	-0,391	-0,423	-0,237	0,136
20	2,71418E+17	-0,677	-0,287	-0,389	-0,223	0,286
21	2,63794E+17	-0,564	-0,193	-0,368	-0,221	0,436
22	2,57561E+17	-0,507	-0,149	-0,426	-0,294	0,586
23	2,56520E+17	-0,624	-0,252	-0,495	-0,348	0,464
24	2,56399E+17	-0,570	-0,204	-0,464	-0,322	0,529
25	2,56325E+17	-0,602	-0,234	-0,483	-0,338	0,489

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SECoef	T	P
AR	1	-0,6025	0,2309	-2,61	0,012
AR	2	-0,2337	0,2225	-1,05	0,298
AR	3	-0,4832	0,1762	-2,74	0,008
AR	4	-0,3382	0,1571	-2,15	0,036
MA	1	0,4888	0,2330	2,10	0,041

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 255868864861547680 (backforecasts excluded)  
MS = 4738312312250883 DF = 54

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7,1	14,8	22,3	33,5
DF	7	19	31	43
P-Value	0,417	0,737	0,872	0,850

# Lampiran 14. Output Minitab Model ARIMA (4,1,2)

## ARIMA Model: Kwhterjual.

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters						
0	7,41146E+17	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
1	6,80639E+17	-0,050	0,088	0,058	0,072	0,016	0,125	
2	6,51404E+17	-0,200	0,048	0,029	0,055	-0,100	0,115	
3	6,37261E+17	-0,350	-0,037	0,001	0,040	-0,233	0,058	
4	6,29631E+17	-0,500	-0,142	-0,027	0,027	-0,373	-0,021	
5	6,24220E+17	-0,650	-0,252	-0,055	0,014	-0,517	-0,106	
6	6,19693E+17	-0,800	-0,363	-0,084	0,002	-0,661	-0,192	
7	6,15417E+17	-0,950	-0,473	-0,113	-0,010	-0,807	-0,276	
8	6,10875E+17	-1,100	-0,582	-0,142	-0,023	-0,952	-0,358	
9	6,05354E+17	-1,250	-0,686	-0,173	-0,035	-1,096	-0,433	
10	5,97701E+17	-1,400	-0,782	-0,204	-0,048	-1,237	-0,494	
11	5,85685E+17	-1,550	-0,857	-0,238	-0,061	-1,373	-0,524	
12	4,81852E+17	-1,640	-0,945	-0,351	-0,091	-1,300	-0,374	
13	4,49242E+17	-1,782	-1,095	-0,443	-0,129	-1,350	-0,358	
14	4,25880E+17	-1,782	-1,091	-0,365	-0,114	-1,350	-0,401	
15	4,06388E+17	-1,865	-1,241	-0,452	-0,134	-1,376	-0,432	
16	3,91215E+17	-1,949	-1,391	-0,534	-0,151	-1,409	-0,472	
17	3,78315E+17	-2,033	-1,541	-0,615	-0,165	-1,445	-0,516	
18	3,64834E+17	-2,118	-1,691	-0,695	-0,177	-1,474	-0,550	
19	3,42070E+17	-2,192	-1,817	-0,796	-0,201	-1,374	-0,431	
20	3,40325E+17	-2,192	-1,799	-0,795	-0,209	-1,371	-0,405	
21	3,39970E+17	-2,192	-1,799	-0,795	-0,209	-1,380	-0,405	
22	3,39474E+17	-2,192	-1,799	-0,796	-0,208	-1,390	-0,405	
23	3,38487E+17	-2,192	-1,799	-0,796	-0,208	-1,401	-0,408	
24	3,37858E+17	-2,192	-1,799	-0,798	-0,207	-1,408	-0,408	

Unable to reduce sum of squares any further

\* WARNING \* Back forecasts not dying out rapidly

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SECoef	T	P
AR	1	-2,1918	0,1348	-16,26	0,000
AR	2	-1,7992	0,3114	-5,78	0,000
AR	3	-0,7978	0,3111	-2,56	0,013
AR	4	-0,2073	0,1341	-1,55	0,128
MA	1	-1,4079	0,0001	-9599,43	0,000
MA	2	-0,4078	0,0094	-43,20	0,000

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 324287935098593920 (backforecasts excluded)

MS = 6118640284879131 DF = 53

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	30,7	48,8	67,6	85,7
DF	6	18	30	42
P-Value	0,000	0,000	0,000	0,000

### Lampiran 15. Output Minitab Model ARIMA (5,1,0)

#### ARIMA Model: Kwhterjual.

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters				
0	7,92484E+17	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
1	6,65178E+17	-0,050	-0,004	-0,008	0,000	0,047
2	5,55186E+17	-0,200	-0,109	-0,117	-0,101	-0,007
3	4,62120E+17	-0,350	-0,215	-0,226	-0,203	-0,061
4	3,85919E+17	-0,500	-0,321	-0,336	-0,306	-0,116
5	3,26564E+17	-0,650	-0,427	-0,447	-0,409	-0,172
6	2,84048E+17	-0,800	-0,534	-0,558	-0,513	-0,228
7	2,58370E+17	-0,950	-0,641	-0,669	-0,617	-0,284
8	2,49556E+17	-1,095	-0,746	-0,780	-0,720	-0,339
9	2,49528E+17	-1,103	-0,753	-0,787	-0,727	-0,343
10	2,49528E+17	-1,104	-0,754	-0,788	-0,727	-0,344

Relative change in each estimate less than 0,0010

\* WARNING \* Back forecasts not dying out rapidly

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SECoef	T	P
AR 1	-1,1036	0,1287	-8,58	0,000
AR 2	-0,7536	0,1735	-4,34	0,000
AR 3	-0,7880	0,1714	-4,60	0,000
AR 4	-0,7273	0,1756	-4,14	0,000
AR 5	-0,3437	0,1344	-2,56	0,013

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 249086263665448960 (backforecasts excluded)

MS = 4612708586397203 DF = 54

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	6,0	12,9	19,0	29,2
DF	7	19	31	43
P-Value	0,545	0,841	0,955	0,946

Lampiran 16. Output Minitab Model ARIMA (5,1,2)

ARIMA Model: Kwh terjual.							
Estimates at each iteration							
Iteration	SSE	Parameters					
0	7,46734E+17	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
1	6,40082E+17	0,013	0,182	0,030	0,033	0,056	0,134
2	6,06275E+17	0,113	0,323	0,039	0,027	0,050	0,279
3	6,00755E+17	-0,037	0,220	0,007	0,007	0,040	0,136
4	5,97938E+17	-0,187	0,127	-0,024	-0,013	0,029	-0,010
5	5,93873E+17	-0,337	0,038	-0,056	-0,033	0,017	-0,155
6	5,86866E+17	-0,487	-0,041	-0,089	-0,056	0,004	-0,296
7	5,68646E+17	-0,637	-0,089	-0,126	-0,085	-0,015	-0,424
8	5,23255E+17	-0,703	-0,009	-0,154	-0,126	-0,042	-0,429
9	4,84921E+17	-0,853	-0,013	-0,196	-0,177	-0,071	-0,522
10	3,80585E+17	-0,914	-0,088	-0,294	-0,317	-0,125	-0,372
11	3,37855E+17	-1,044	-0,238	-0,372	-0,405	-0,158	-0,400
12	2,99643E+17	-1,176	-0,388	-0,455	-0,502	-0,195	-0,413
13	2,71614E+17	-1,314	-0,538	-0,542	-0,606	-0,235	-0,419
14	2,57468E+17	-1,453	-0,688	-0,630	-0,713	-0,277	-0,423
15	2,55915E+17	-1,515	-0,755	-0,670	-0,761	-0,294	-0,428
16	2,55875E+17	-1,523	-0,763	-0,674	-0,765	-0,295	-0,433
17	2,55864E+17	-1,524	-0,764	-0,674	-0,764	-0,293	-0,433
18	2,55863E+17	-1,524	-0,764	-0,674	-0,764	-0,293	-0,434
19	2,55863E+17	-1,525	-0,764	-0,674	-0,764	-0,293	-0,434

### Lampiran 16. Output Minitab Model ARIMA (5,1,2) (Lanjutan)

#### Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-1,5246	0,4443	-3,43	0,001
AR	2	-0,7640	0,5274	-1,45	0,153
AR	3	-0,6740	0,4000	-1,68	0,098
AR	4	-0,7638	0,3849	-1,98	0,052
AR	5	-0,2930	0,2449	-1,20	0,237
MA	1	-0,4342	0,4505	-0,96	0,340
MA	2	0,4825	0,2564	1,88	0,065

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 254966932230189860 (backforecasts excluded)  
MS = 4903210235195959 DF = 52

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7,1	14,8	22,5	33,7
DF	5	17	29	41
P-Value	0,216	0,613	0,800	0,785

**Lampiran 17.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model *ARIMA* (4,1,0)

RESI 4,1,0	urutan residual	f	f(at)	z	f0(at)	KS
-8165863,234	-204480760,4	1	0,016949	-3,1757	0,000747	0,016201781
-12007980,86	-122004137,3	2	0,033898	-1,96742	0,024567	0,009330962
30502001,84	-111120320,3	3	0,050847	-1,80797	0,035305	0,015542132
12818450,15	-102492761,9	4	0,067797	-1,68158	0,046325	0,02147143
31514335,62	-88954032,3	5	0,084746	-1,48324	0,069006	0,015740113
32024816,5	-80610929,68	6	0,101695	-1,36101	0,086755	0,014939851
37030916,02	-37182430,56	7	0,118644	-0,72478	0,234292	0,115648064
-111120320,3	-29733736,05	8	0,135593	-0,61566	0,269059	0,133465848
-883325,0546	-27667735,68	9	0,152542	-0,58539	0,279141	0,126598921
67290853,27	-26388639,66	10	0,169492	-0,56666	0,285474	0,115982567
7529207,243	-26294767,86	11	0,186441	-0,56528	0,285942	0,099500854
9664441,805	-26277782,36	12	0,20339	-0,56503	0,286026	0,08263632
21520994,85	-23029099,65	13	0,220339	-0,51744	0,302425	0,082086095
41236718,93	-14864670,44	14	0,237288	-0,39783	0,345378	0,108089743
63456845,98	-13444158,44	15	0,254237	-0,37702	0,35308	0,098842389
316976446,5	-12661434,86	16	0,271186	-0,36555	0,35735	0,086163151

**Lampiran 17.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model *ARIMA* (4,1,0) (lanjutan)

RESI 4,1,0	urutan residual	f	f(at)	z	f0(at)	KS
-204480760,4	-12007980,86	17	0,288136	-0,35598	0,360928	0,072792479
-29733736,05	-8547224,474	18	0,305085	-0,30528	0,380077	0,074992023
-12661434,86	-8395717,239	19	0,322034	-0,30306	0,380922	0,058888324
-23029099,65	-8165863,234	20	0,338983	-0,29969	0,382206	0,043222909
31942505,1	-2373877,06	21	0,355932	-0,21484	0,414946	0,059013932
136929569,5	-883325,0546	22	0,372881	-0,193	0,423478	0,050596886
-8395717,239	3288452,651	23	0,389831	-0,13189	0,447537	0,057706446
40934715,36	7507629,207	24	0,40678	-0,07008	0,472067	0,065286991
-37182430,56	7529207,243	25	0,423729	-0,06976	0,472192	0,048463643
-2373877,06	9664441,805	26	0,440678	-0,03848	0,484653	0,043975096
-13444158,44	12590690,12	27	0,457627	0,004391	0,501752	0,044124602
7507629,207	12818450,15	28	0,474576	0,007728	0,503083	0,028506568
46225047,2	13813537,4	29	0,491525	0,022306	0,508898	0,017372493
-80610929,68	21520994,85	30	0,508475	0,13522	0,553781	0,045306355
-26277782,36	22416246,18	31	0,525424	0,148335	0,558961	0,033537138
67781924,33	23509678,02	32	0,542373	0,164354	0,565274	0,02290085



**Lampiran 17.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model *ARIMA* (4,1,0) (lanjutan)

RESI 4,1,0	urutan residual	f	f(at)	z	f0(at)	KS
24728902,55	24728902,55	33	0,559322	0,182216	0,572293	0,012971177
13813537,4	26570730,57	34	0,576271	0,209198	0,582853	0,00658209
40402139,47	27842703,8	35	0,59322	0,227833	0,590112	0,0031085
-27667735,68	30502001,84	36	0,610169	0,266791	0,605185	0,004984399
-88954032,3	31514335,62	37	0,627119	0,281622	0,610883	0,01623532
3288452,651	31942505,1	38	0,644068	0,287895	0,613286	0,030781469
-14864670,44	32024816,5	39	0,661017	0,289101	0,613748	0,047269162
-26388639,66	33258224,55	40	0,677966	0,30717	0,620643	0,057323104
51164847,95	37030916,02	41	0,694915	0,36244	0,641488	0,053426943
-102492761,9	37318031,93	42	0,711864	0,366646	0,643058	0,068805923
26570730,57	37611227,34	43	0,728814	0,370941	0,644659	0,084154154
92147334,7	38246378,16	44	0,745763	0,380246	0,648119	0,097643996
37611227,34	40402139,47	45	0,762712	0,411828	0,659767	0,102944539
62938916,97	40934715,36	46	0,779661	0,41963	0,662622	0,117038744
38246378,16	41236718,93	47	0,79661	0,424055	0,664237	0,132373102
-8547224,474	41530999,58	48	0,813559	0,428366	0,665808	0,147751665

**Lampiran 17.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model *ARIMA* (4,1,0) (lanjutan)

RESI 4,1,0	urutan residual	f	f(at)	z	f0(at)	KS
-26294767,86	46225047,2	49	0,830508	0,497134	0,690453	0,140055859
22416246,18	51164847,95	50	0,847458	0,569502	0,715492	0,131965484
33258224,55	59541293,36	51	0,864407	0,692216	0,755599	0,108807472
27842703,8	60940730,08	52	0,881356	0,712718	0,76199	0,119366003
41530999,58	62938916,97	53	0,898305	0,741992	0,770954	0,127351291
-122004137,3	63456845,98	54	0,915254	0,749579	0,773246	0,142008306
37318031,93	67290853,27	55	0,932203	0,805747	0,789806	0,142397641
60940730,08	67781924,33	56	0,949153	0,812942	0,791874	0,157278314
12590690,12	92147334,7	57	0,966102	1,169894	0,878978	0,087123417
59541293,36	136929569,5	58	0,983051	1,825953	0,966071	0,016979483
23509678,02	316976446,5	59	1	4,463637	0,999996	4,029E-06
Mean	12290967,79					
Stdev	68259462,41					
KS max	0,157278314					

**Lampiran 18.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model  $ARIMA(5,1,0)$ 

RESI 5,1,0	urutan residual	f	f(at)	Z	f0(at)	KS
-11833771,04	-163970654	1	0,016949	-2,58223	0,004908	0,012040944
-15509561,14	-108340186,9	2	0,033898	-1,76724	0,038594	0,004695346
23807545,73	-95329033,59	3	0,050847	-1,57663	0,05744	0,006592742
7186651,384	-94080532	4	0,067797	-1,55834	0,059576	0,00822036
27741622,29	-81763433,02	5	0,084746	-1,3779	0,084118	0,000627974
37803977,6	-76056975,69	6	0,101695	-1,2943	0,097782	0,003913302
50451508,76	-38540078,92	7	0,118644	-0,74467	0,228234	0,109590343
-95329033,59	-27277843,9	8	0,135593	-0,57968	0,281064	0,145471173
-12882124,52	-24605286,14	9	0,152542	-0,54053	0,294416	0,141873584
66008478,39	-23786785,65	10	0,169492	-0,52854	0,298563	0,129071293
11138125,57	-22020518,22	11	0,186441	-0,50266	0,307601	0,12116004
-2024937,902	-21107075,21	12	0,20339	-0,48928	0,312321	0,108931633
13583579,63	-15509561,14	13	0,220339	-0,40728	0,341902	0,121563187
81964381,53	-12882124,52	14	0,237288	-0,36879	0,356144	0,118855713
70733566,38	-11833771,04	15	0,254237	-0,35343	0,361884	0,107646876
323102818,7	-11718120,94	16	0,271186	-0,35173	0,362519	0,091332906

**Lampiran 18.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model  $ARIMA(5,1,0)$  (lanjutan)

RESI 5,1,0	urutan residual	f	f(at)	Z	f0(at)	KS
-163970654	-11410274,29	17	0,288136	-0,34722	0,364212	0,076076376
-22020518,22	-9454593,824	18	0,305085	-0,31857	0,375025	0,069940753
1754285,663	-2024937,902	19	0,322034	-0,20973	0,41694	0,094906172
12368492,04	-1288515,734	20	0,338983	-0,19894	0,421155	0,082172098
-1288515,734	1754285,663	21	0,355932	-0,15436	0,438662	0,082729867
55028161,3	6261317,775	22	0,372881	-0,08833	0,464805	0,091924144
68155601,64	7186651,384	23	0,389831	-0,07478	0,470196	0,080365104
37936305,05	9526374,719	24	0,40678	-0,0405	0,483847	0,077067097
17928106,62	11138125,57	25	0,423729	-0,01689	0,493263	0,069533723
-9454593,824	12368492,04	26	0,440678	0,001136	0,500453	0,059775124
-21107075,21	13583579,63	27	0,457627	0,018937	0,507554	0,049927097
-11410274,29	17928106,62	28	0,474576	0,082584	0,532909	0,058332563
50873688,12	20715560,05	29	0,491525	0,12342	0,549113	0,057587371
-76056975,69	23807545,73	30	0,508475	0,168718	0,566991	0,058516067
-23786785,65	24655045,62	31	0,525424	0,181134	0,571869	0,04644489
54633133,99	25436770,91	32	0,542373	0,192586	0,576358	0,033985435

**Lampiran 18.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model *ARIMA* (5,1,0) (lanjutan)

RESI 5,1,0	urutan residual	f	f(at)	Z	f0(at)	KS
37494426,65	26008441,86	33	0,559322	0,200961	0,579635	0,020313341
6261317,775	27741622,29	34	0,576271	0,226352	0,589536	0,01326492
30878777,09	29910646,21	35	0,59322	0,258128	0,601846	0,008625599
9526374,719	30424411,53	36	0,610169	0,265655	0,604747	0,005422087
-81763433,02	30878777,09	37	0,627119	0,272311	0,607309	0,019810055
-11718120,94	31196695,1	38	0,644068	0,276969	0,609098	0,034969907
-27277843,9	37494426,65	39	0,661017	0,36923	0,644022	0,016995002
-38540078,92	37803977,6	40	0,677966	0,373765	0,64571	0,032255618
31196695,1	37936305,05	41	0,694915	0,375704	0,646431	0,048483822
-94080532	41177237,19	42	0,711864	0,423183	0,663919	0,047945146
29910646,21	42024420,66	43	0,728814	0,435595	0,668435	0,060379006
79594850,75	45277644,79	44	0,745763	0,483254	0,685542	0,060220313
56334245,8	45445820,79	45	0,762712	0,485718	0,686416	0,076295406
58319855,37	48522808,3	46	0,779661	0,530796	0,70222	0,077441139
45445820,79	50451508,76	47	0,79661	0,559051	0,711937	0,084673526
45277644,79	50873688,12	48	0,813559	0,565236	0,714043	0,099515875

**Lampiran 18.** Perhitungan Manual  $KS_{hitung}$  pada Model *ARIMA* (5,1,0) (lanjutan)

RESI 5,1,0	urutan residual	f	f(at)	z	f0(at)	KS
-24605286,14	54633133,99	49	0,830508	0,620312	0,732474	0,09803466
24655045,62	54960027,79	50	0,847458	0,625101	0,734048	0,113410004
25436770,91	55028161,3	51	0,864407	0,626099	0,734375	0,130031724
26008441,86	56334245,8	52	0,881356	0,645233	0,740612	0,140743938
48522808,3	58319855,37	53	0,898305	0,674322	0,749947	0,148358253
-108340186,9	66008478,39	54	0,915254	0,786961	0,784348	0,130906689
41177237,19	68155601,64	55	0,932203	0,818416	0,79344	0,138763244
54960027,79	70733566,38	56	0,949153	0,856183	0,804052	0,145100795
20715560,05	79594850,75	57	0,966102	0,986001	0,837934	0,128168061
42024420,66	81964381,53	58	0,983051	1,020714	0,846305	0,136745741
30424411,53	323102818,7	59	1	4,553388	0,999997	2,63943E-06
Mean	15311272,99					
Stdev	63687625,86					
KS max	0,148358253					

**Lampiran 19.** Perhitungan Manual RMSE dan MAPE pada Model *ARIMA* (4,1,0)

Ramalan model 4,1,0	<i>Outsample</i> ( $Z_t$ )	Residual ( $Z_t - \hat{Z}_t$ )	( $Z_t - \hat{Z}_t$ ) <sup>2</sup>	$\frac{ Z_t - \hat{Z}_t }{Z_t}$
811134088	782539495	28594593	817650758021265	0,036540767
787174086	740419648	46754438	2185977458217860	0,063145863
818468150	828363190	-9895040	97911808074916	0,011945291
796679061	753473786	43205275	1866695782394640	0,057341444
801027873	804431643	-3403770	11585647475989	0,004231273
799605918	637385608	162220310	26315429027297900	0,2545089
799225351	795840104	3385247	11459896396894	0,004253677
806398715	828335570	-21936855	481225598728897	0,026483053
798738473	795642695	3095778	9583843258441	0,003890915
803044232	870977392	-67933160	4614914283926480	0,077996468
798939965	833122973	-34183008	1168478008455430	0,041029966
802304251	796411176	5893075	34728333429144	0,007399538
Jumlah			37615640445677800	0,588767157

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2} = RMSE = \sqrt{\frac{1}{12} (37615640445677800)} = 555987826,39$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t} \times 100\% = \frac{1}{12} (0,588767157) \times 100\% = 4,906392971$$

**Lampiran 20.** Perhitungan Manual RMSE dan MAPE pada Model *ARIMA* (5,1,0)

Ramalan model 5,1,0	<i>Outsample</i> ( $Z_t$ )	Residual ( $Z_t - \hat{Z}_t$ )	$(Z_t - \hat{Z}_t)^2$	$\frac{ Z_t - \hat{Z}_t }{Z_t}$
760211181	782539495	-22328314,05	498553608484499	0,028533147
797451751	740419648	57032103,4	3252660818779120	0,077026729
791405388	828363190	-36957801,89	1365879120850080	0,044615457
814891979	753473786	61418193,47	3772194488899720	0,081513378
789978607	804431643	-14453036,4	208890261144704	0,017966768
782834286	637385608	145448678,1	21155317950322400	0,228195736
782582611	795840104	-13257493,44	175761132287047	0,016658489
792872744	828335570	-35462825,81	1257612014287760	0,042812149
797381338	795642695	1738642,616	3022878147188	0,002185205
798608880	870977392	-72368511,72	5237201488873820	0,083088852
788386981	833122973	-44735992,41	2001309016984850	0,053696746
787792905	796411176	-8618270,944	74274594060147	0,010821384
Jumlah			39002677373121300	0,687114038

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2} = RMSE = \sqrt{\frac{1}{12} (39002677373121300)} = 57010728,06$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t} \times 100\% = \frac{1}{12} (0,687114038) \times 100\% = 5,725950317$$



**Lampiran 21. Output Minitab Estimasi Parameter Model ARIMA (4,1,0) pada Data Penjualan Tenaga Listrik (Kwh) Golongan Industri Menengah (I-3) Bulan Januari 2012- Desember 2017**

**ARIMA Model: data 2012-2017**

Estimates at each iteration

Iteration	SSE		Parameters			
0	8,79590E+17	0,100	0,100	0,100	0,100	
1	7,33129E+17	-0,050	0,012	0,007	0,033	
2	6,09267E+17	-0,200	-0,077	-0,087	-0,035	
3	5,07871E+17	-0,350	-0,166	-0,182	-0,102	
4	4,28938E+17	-0,500	-0,255	-0,276	-0,170	
5	3,72482E+17	-0,650	-0,345	-0,371	-0,238	
6	3,38521E+17	-0,800	-0,434	-0,466	-0,306	
7	3,27114E+17	-0,943	-0,520	-0,558	-0,372	
8	3,27084E+17	-0,951	-0,525	-0,563	-0,376	
9	3,27083E+17	-0,951	-0,525	-0,563	-0,376	

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0,9510	0,1137	-8,36	0,000
AR 2	-0,5249	0,1476	-3,56	0,001
AR 3	-0,5634	0,1480	-3,81	0,000
AR 4	-0,3759	0,1142	-3,29	0,002

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 72, after differencing 71

Residuals: SS = 326879091974900160 (backforecasts excluded)

MS = 4878792417535823 DF = 67

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15,4	27,0	38,8	52,4
DF	8	20	32	44
P-Value	0,052	0,136	0,189	0,180

Forecasts from period 72

Period	Forecast	95% Limits		Actual
		Lower	Upper	
73	821040653	684110297	957971009	
74	809897371	672802597	946992146	
75	842478744	693357937	991599552	
76	817268121	668146578	966389663	
77	821159738	663740760	978578716	
78	816525339	650376877	982673801	
79	820845601	650496378	991194824	
80	826454222	650340877	1002567566	
81	820000811	642008254	997993367	
82	822501879	638207780	1006795977	
83	818727091	630425647	1007028535	
84	822531439	629209739	1015853138	

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Aliffia Rahma Anandyani, dilahirkan di Surabaya 30 Juli 1997. Penulis adalah anak tunggal pasangan Agus dan Juli. Mott penulis adalah Hidup adalah pilihan dan perjuangan dan sebaik baik manusia adalah yang dapat bermanfaat bagi hidup orang lain. Pendidikan yang telah diselesaikan penulis adalah SDN Manukan Kulon Surabaya, SMP Negeri 28 Surabaya, dan SMA Negeri 13 Surabaya. Setelah lulus dari SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015 dengan NRP 1315030062. Sejak tahun 2017, Program Studi Diploma III Jurusan Statistika berganti nama menjadi Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama perkuliahan, penulis aktif dalam beberapa organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Perekonomian BEM FMIPA periode 2016/2017, sebagai staff Forum Silaturahmi Lembaga Dakwah Jurusan JMMI ITS periode 2016/2017, sebagai staff Departemen Jaringan dan Dana Usaha periode 2017/2018, kemudian menjadi Koordinator Keputrian Departemen Jaringan dan Dana Usaha periode 2017/2018. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan seperti RDK 37 JMMI ITS, SALAM 2017 JMMI ITS dan Pekan Raya Statistika ITS 2017. Penulis mendapatkan kesempatan Kerja Praktek di PT. Sopanusa Tissue & Packaging Saranasukses, Mojokerto pada akhir semester 4. Segala kritik dan saran akan diterima penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan berdiskusi dengan penulis dapat melalui no.hp (081216363506) atau email [aliffiaprana@gmail.com](mailto:aliffiaprana@gmail.com)